

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Охрана труда»

С. Н. ШАТИЛО, С. В. ДОРОШКО, Т. В. ИВЛЕВА

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Часть 1

*Одобрено методической комиссией заочного факультета
в качестве практикума*

Гомель 2016

УДК 658.345 (076.5)
ББК 65.247
Ш69

Р е ц е н з е н т – зав. кафедрой «Электрический подвижной состав» канд.
техн. наук, доцент **В. С. Могила** (УО «БелГУТ»)

Шатило, С. Н.

Ш69 Инженерные решения по охране труда : практикум. В 2 ч. Ч. I /
С. Н. Шатило, С. В. Дорошко, Т. В. Ивлева ; М-во трансп. и коммуникаций Респ.
Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 69 с.

ISBN 978-985-554-489-1 (ч. 1)

Приводятся основы теории решения инженерных задач по обеспечению безопасности и улучшению условий труда и справочные материалы, необходимые для решения таких задач.

Предназначен для студентов всех специальностей при изучении дисциплин «Охрана труда», «Безопасность жизнедеятельности», для выполнения контрольной работы и в дипломном проектировании, для слушателей ИПК и ПК, инженерно-технических работников и специалистов транспорта и строительства.

УДК 658.345 (076.5)
ББК 65.247

ISBN 978-985-554-489-1 (ч. 1)
ISBN 978-985-554-549-2

© Шатило С. Н., Дорошко С. В., Ивлева Т. В., 2016
© Оформление. УО «БелГУТ», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.

В пособии рассматриваются инженерные решения и расчеты, направленные на обеспечение безопасности труда в промышленности и на транспорте. Мероприятия по охране труда и их проведение всегда экономически выгодны и целесообразны. Основными из них являются: меры по обеспечению безопасности труда; механизация и автоматизация производственных процессов; улучшение санитарных условий рабочего помещения; меры личной гигиены работников. Это способствует сокращению убытков от несчастных случаев, уменьшению расходов на компенсации промышленных вредностей и опасностей, сохранение работоспособности и т. д.

Материалы пособия посвящены наиболее общим вопросам создания систем обеспечения безопасности труда на производствах любой отрасли промышленности.

В первой части пособия представлены инженерные решения и расчеты снижения запыленности воздушной среды рабочей зоны и производственного освещения.

Использованная в пособии современная нормативно-техническая документация является необходимым справочным материалом для решения инженерных задач. Наряду со справочным материалом в пособии даны примеры расчетов, выполненных с учетом действующих нормативных материалов и системы стандартов безопасности труда (ССБТ) и результатов научных исследований.

Инженерные методы расчета различных систем безопасности могут быть использованы для курсового и дипломного проектирования. Пособие будет полезно также при выполнении раздела «Охрана труда» в дипломном проектировании для студентов технических направлений и специальностей.

1 ВОЗДУШНАЯ СРЕДА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение чистоты воздуха и нормальных метеорологических условий в рабочей зоне помещений.

Метеорологические условия и их нормирование в производственных помещениях.

Метеорологические условия, или микроклимат, в производственных условиях определяются следующими параметрами:

- 1) температурой воздуха t , °С;
- 2) относительной влажностью R , %;
- 3) скоростью движения воздуха на рабочем месте v , м/с.

Кроме этих параметров, являющихся основными, не следует забывать об атмосферном давлении P , Па, которое влияет на парциальное давление основных компонентов воздуха (кислорода и азота), а следовательно, и на процесс дыхания.

Жизнедеятельность человека может проходить в довольно широком диапазоне давлений 734–1267 ГПа (550–950 мм рт. ст.). Однако здесь необходимо учитывать, что для здоровья человека опасно быстрое изменение давления, а не сама величина этого давления.

Величина тепловыделения Q , Дж/с, организмом человека зависит от степени физического напряжения в определенных метеорологических условиях и составляет от 85 (в состоянии покоя) до 500 Дж/с (тяжелая работа).

Для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Повышенная влажность ($R > 85\%$) затрудняет терморегуляцию из-за снижения испарения пота, а слишком низкая влажность ($R < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Оптимальные величины относительной влажности составляют 40–60 %.

Движение воздуха в помещениях является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. В жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи теплоты организмом и улучшает его состояние, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодный период года.

Минимальная скорость движения воздуха, ощущаемая человеком, составляет 0,2 м/с. В зимнее время года скорость движения воздуха не должна превышать 0,2–0,5 м/с, а летом – 0,2–1,0 м/с. В горячих цехах допускается увеличение скорости обдува рабочих (воздушное душирование) до 3,5 м/с.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 устанавливаются оптимальные и допустимые метеорологические условия для рабочей зоны помещения, при выборе которых учитываются:

1) время года – холодный период со среднесуточной температурой наружного воздуха $\leq +10$ °С; теплый период с температурой $> +10$ °С;

2) категория работы – все работы по тяжести подразделяются на категории:

а) *легкие* физические работы с энергозатратами до 174 Дж/с (150 ккал/ч), к которым относятся, например, основные процессы точного приборостроения и машиностроения;

б) физические работы *средней* тяжести с энергозатратами 174–290 Дж/с (150–250 ккал/ч), например, в механосборочных, механизированных литейных, прокатных, термических цехах и т. п.;

в) *тяжелые* физические работы с энергозатратами более 290 Дж/с (250 ккал/ч), к которым относятся работы, связанные с систематическим физическим напряжением и переносом значительных (более 10 кг) тяжестей; это кузнечные цехи с ручной ковкой, литейные с ручной набивкой и заливкой опок и т. п.;

3) характеристика помещения по избыткам явной теплоты: все производственные помещения делятся на помещения с незначительными избытками явной теплоты, приходящимися на 1 м³ объема помещения, – 23,2 Дж/(м³с) и менее и со значительными избытками – более 23,2 Дж/(м³с).

Работодателю дается право сокращать продолжительность рабочего времени при условии несоблюдения температурного режима в соответствии с СанПиН (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.04.2013 № 33 «Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях», Гигиенического норматива «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений»).

Причины и характер загрязнения воздуха рабочей зоны.

Атмосферный воздух в своем составе содержит (% по объему): азота – 78,08; кислорода – 20,95; аргона, неона и других инертных газов – 0,93; углекислого газа – 0,03; прочих газов – 0,01. Воздух такого состава наиболее благоприятен для дыхания. Воздух рабочей зоны редко имеет приведенный выше химический состав, так как многие технологические процессы сопровождаются выделением в воздух производственных помещений вредных веществ – паров, газов, твердых и жидких частиц. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы вещества – дисперсные системы – аэрозоли, которые делятся на пыль (размер твердых частиц более 1 мкм), дым (менее 1 мкм и туман (размер жидких частиц менее 10 мкм)). Пыль бывает крупно- (размер частиц более 50 мкм), средне- (50–10 мкм) и мелкодисперсной (менее 10 мкм).

Поступление в воздух рабочей зоны того или иного вредного вещества зависит от технологического процесса, используемого сырья, а также от промежуточных и конечных продуктов. Так, пары выделяются в результате

применения различных жидких веществ, например, растворителей, ряда кислот, бензина, ртути и т. д., а газы – чаще всего при проведении технологического процесса, например, при сварке, литье, термической обработке металлов.

Причины выделения пыли на предприятиях могут быть самыми разнообразными. Пыль образуется при дроблении и размоле, транспортировании измельченного материала, механической обработке хрупких материалов, отделке поверхности (шлифовании, глянецвании), упаковке и расфасовке и т. п. Эти причины пылеобразования являются основными, или первичными. В условиях производства может возникать и вторичное пылеобразование, например, при уборке помещений, движении людей и т. п.

Такое выделение пыли иногда бывает весьма нежелательным (в электровакуумной промышленности, приборостроении).

Дым возникает при сгорании топлива в печах и энергоустановках, туман – при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей, в гальванических и травильных цехах – при обработке металлов. Например, в зарядных отделениях аккумуляторных образуется аэрозоль серной кислоты.

Вредные вещества проникают в организм человека главным образом через дыхательные пути, а также через кожу и с пищей. Большинство этих веществ относится к опасным и вредным производственным факторам, поскольку они оказывают токсическое действие на организм человека. Эти вещества, хорошо растворяясь в биологических средах, способны вступать с ними во взаимодействие, вызывая нарушение нормальной жизнедеятельности. В результате их действия у человека возникает болезненное состояние – отравление, опасность которого зависит от продолжительности воздействия, концентрации k , мг/м³, и вида вещества.

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются:

– на общетоксические – вызывающие отравление всего организма (окись углерода, цианистые соединения, свинец, ртуть, бензол, мышьяк и его соединения и др.);

– раздражающие – вызывающие раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек (хлор, аммиак, сернистый газ, фтористый водород, окислы азота, озон, ацетон и др.);

– sensibilizing – действующие как аллергены (формальдегид, различные растворители и лаки на основе нитро- и нитрозосоединений и др.);

– канцерогенные – вызывающие раковые заболевания (никель и его соединения, амины, окислы хрома, асбест и др.);

- мутагенные – приводящие к изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные вещества и др.);
- влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, свинец, марганец, стирол, радиоактивные вещества и др.).

Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 2.1.005–76 установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ ПДК, мг/м³, в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

Мероприятия по оздоровлению воздушной среды.

Требуемое состояние воздуха рабочей зоны может быть обеспечено выполнением определенных мероприятий, к основным из которых относятся:

1) механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими. Эти мероприятия имеют большое значение для защиты от воздействия вредных веществ, теплового излучения, особенно при выполнении тяжелых работ. Автоматизация процессов, сопровождающихся выделением вредных веществ, не только повышает производительность, но и улучшает условия труда, поскольку рабочие выводятся из опасной зоны;

2) применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадание их в рабочую зону. При проектировании новых технологических процессов и оборудования необходимо добиваться исключения или резкого уменьшения выделения вредных веществ в воздух производственных помещений;

3) защита от источников тепловых излучений. Это важно для снижения температуры воздуха в помещении и теплового облучения работающих;

4) устройство вентиляции и отопления, что имеет большое значение для оздоровления воздушной среды в производственных помещениях;

5) применение средств индивидуальной защиты.

Вентиляция, как средство защиты воздушной среды производственных помещений.

Задачей вентиляции является обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

По способу перемещения воздуха вентиляция бывает с естественным побуждением (*естественной*) и с механическим (*механической*). Возможно также сочетание естественной и механической вентиляции (смешанная вентиляция).

Вентиляция бывает *приточной*, *вытяжной* или *приточно-вытяжной* в зависимости от того, для чего служит система вентиляции: для подачи (при-

тока) или удаления воздуха из помещения или (и) для того и другого одновременно.

По месту действия вентиляция бывает *общеобменной* и *местной*.

Действие общеобменной вентиляции основано на разбавлении загрязненного, нагретого, влажного воздуха помещения свежим воздухом до предельно допустимых норм. Эту систему вентиляции наиболее часто применяют в случаях, когда вредные вещества, теплота, влага выделяются равномерно по всему помещению. При такой вентиляции обеспечивается поддержание необходимых параметров воздушной среды во всем объеме помещения.

Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения. С этой целью технологическое оборудование, являющееся источником выделения вредных веществ, снабжают специальными устройствами, от которых производится отсос загрязненного воздуха. Такая вентиляция называется *местной вытяжкой*.

Местная вентиляция, по сравнению с общеобменной, требует значительно меньших затрат на устройство и эксплуатацию.

В производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны больших количеств вредных паров и газов, наряду с рабочей предусматривается устройство *аварийной* вентиляции.

Для эффективной работы системы вентиляции важно, чтобы еще на стадии проектирования были выполнены следующие технические и санитарно-гигиенические требования.

1 Количество приточного воздуха должно соответствовать количеству удаляемого (вытяжки), разница между ними должна быть минимальной. В ряде случаев необходимо так организовать воздухообмен, чтобы одно количество воздуха обязательно было больше другого. Например, при проектировании вентиляции двух смежных помещений, в одном из которых выделяются вредные вещества. Количество удаляемого воздуха из этого помещения должно быть больше количества приточного воздуха, в результате чего в помещении создается небольшое разрежение.

2 Приточные и вытяжные системы в помещении должны быть правильно размещены. Свежий воздух необходимо подавать в те части помещения, где количество вредных веществ минимально, а удалять – где выделения максимальны. Приток воздуха должен производиться, как правило, в рабочую зону, а вытяжка – из верхней зоны помещения.

3 Система вентиляции не должна вызывать переохлаждения или перегрева работающих.

4 Система вентиляции не должна создавать шум на рабочих местах, превышающий предельно допустимые уровни.

5 Система вентиляции должна быть электро-, пожаро- и взрывобезопасна, проста по устройству, надежна в эксплуатации и эффективна.

Естественная вентиляция.

Воздухообмен при естественной вентиляции происходит вследствие разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха, а также в результате действия ветра.

Естественная вентиляция может быть *неорганизованной* и *организованной*.

При неорганизованной вентиляции поступление и удаление воздуха происходит через неплотности и поры наружных ограждений (инфильтрация), через окна, форточки, специальные проемы (проветривание).

Организованная естественная вентиляция осуществляется аэрацией и дефлекторами и поддается регулировке.

Аэрация осуществляется в холодных цехах за счет ветрового давления, а в горячих цехах за счет совместного и раздельного действия гравитационного и ветрового давлений. В летнее время свежий воздух поступает в помещение через нижние проемы, расположенные на небольшой высоте от пола (1–1,5 м), а удаляется через проемы в фонаре здания.

Поступление наружного воздуха в зимнее время осуществляется через проемы, расположенные на высоте 4–7 м от пола. Высота принимается с таким расчетом, чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел достаточно нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения. Меняя положение створок, можно регулировать воздухообмен.

При обдувании зданий ветром с наветренной стороны создается повышенное давление воздуха, а на заветренной стороне – разрежение.

Под напором воздуха с наветренной стороны наружный воздух будет поступать через нижние проемы и, распространяясь в нижней части здания, вытеснять более нагретый и загрязненный воздух через проемы в фонаре здания наружу. Таким образом, действие ветра усиливает воздухообмен, происходящий за счет гравитационного давления.

Преимуществом аэрации является то, что большие объемы воздуха подаются и удаляются без применения вентиляторов и воздуховодов. Система аэрации значительно дешевле механических систем вентиляции.

Недостатки: в летнее время эффективность аэрации снижается вследствие повышения температуры наружного воздуха; поступающий в помещение воздух не обрабатывается (не очищается, не охлаждается).

Местная вентиляция бывает приточной и вытяжной.

Местная приточная вентиляция служит для создания требуемых условий воздушной среды в ограниченной зоне производственного помещения. К установкам местной приточной вентиляции относятся: воздушные души и оазисы, воздушные и воздушно-тепловые завесы.

Воздушное душирование применяют в горячих цехах на рабочих местах под воздействием лучистого потока теплоты интенсивностью 350 Вт/м^2 и более. Воздушный душ представляет собой направленный на рабочего поток воздуха. Скорость обдува составляет 1–3,5 м/с в зависимости от интен-

сивности облучения. Эффективность душирующих агрегатов повышается при распылении воды в струе воздуха.

Воздушные оазисы – это часть производственной площади, которая отделяется со всех сторон легкими передвижными перегородками и заполняется воздухом более холодным и чистым, чем воздух помещения.

Воздушные и воздушно-тепловые завесы устраивают для защиты людей от охлаждения проникающим через ворота холодным воздухом. Завесы бывают двух типов: воздушные с подачей воздуха без подогрева и воздушно-тепловые с подогревом подаваемого воздуха в калориферах. Работа завес основана на том, что подаваемый воздух к воротам выходит через специальный воздуховод с щелью под определенным углом с большой скоростью (до 10–15 м/с) навстречу входящему холодному потоку и смешивается с ним. Полученная смесь более теплого воздуха поступает на рабочие места или (при недостаточном нагреве) отклоняется в сторону от них. При работе завес создается дополнительное сопротивление проходу холодного воздуха через ворота.

Местная вытяжная вентиляция. Ее применение основано на улавливании и удалении вредных веществ непосредственно у источника их образования. Устройства местной вытяжной вентиляции делают в виде укрытий или местных отсосов. Укрытия с отсосом характерны тем, что источник вредных выделений находится внутри них. Они могут быть выполнены как укрытия-кожухи, полностью или частично заключающие оборудование (вытяжные шкафы, витринные укрытия, кабины и камеры). Внутри укрытий создается разрежение, в результате чего вредные вещества не могут попасть в воздух помещения. Такой способ предотвращения выделения вредных веществ в помещении называется *аспирацией*. Аспирационные системы обычно блокируют с пусковыми устройствами технологического оборудования, с тем чтобы отсос вредных веществ производился не только в месте их выделения, но и в момент образования. Полное укрытие машин и механизмов, выделяющих вредные вещества, – наиболее совершенный и эффективный способ предотвращения их попадания в воздух помещения. Важно еще на стадии проектирования разрабатывать технологическое оборудование таким образом, чтобы такие вентиляционные устройства органически входили бы в общую конструкцию, не мешая технологическому процессу и одновременно полностью решая санитарно-гигиенические задачи.

Защитно-обеспыливающие кожухи устанавливаются на станки, на которых обработка материалов сопровождается пылевыведением и отлетанием крупных частиц, которые могут нанести травму. Это шлифовальные, обдирочные, полировальные, заточные станки по металлу, деревообрабатывающие станки и др.

Вытяжные шкафы находят широкое применение при термической и гальванической обработке металлов, окраске, развеске и расфасовке сыпу-

чих материалов, при различных операциях, связанных с выделением вредных газов и паров.

Кабины и камеры представляют собой емкости определенного объема, внутри которых производятся работы, связанные с выделением вредных веществ (пескоструйная и дробеметная обработка, окрасочные работы и т. д.).

Вытяжные зонты применяют для локализации вредных веществ, поднимающихся вверх, а именно при тепло- и влаговыведениях.

Всасывающие панели используют в тех случаях, когда применение вытяжных зонтов недопустимо по условию попадания вредных веществ в органы дыхания работающих. Эффективным местным отсосом является панель Чернобережского, применяемая при таких операциях, как газовая сварка, пайка и т. п.

Пылегазоприемники, воронки применяются при проведении пайки и сварочных работ. Они располагаются в непосредственной близости от места пайки или сварки.

Бортовые отсосы. При травлении металлов и нанесении гальванопокрытий с открытой поверхности ванн выделяются пары кислот, щелочей, при цинковании, меднении, серебрении – чрезвычайно вредный цианистый водород, при хромировании – окись хрома и т.д. Для локализации этих вредных веществ используют бортовые отсосы, представляющие собой щелевидные воздухопроводы шириной 40–100 мм, устанавливаемые по периферии ванн. Принцип действия бортового отсоса состоит в том, что затягиваемый в щель воздух, двигаясь над поверхностью жидкости, увлекает за собой вредные вещества, не давая им распространиться вверх по помещению.

Вентиляционное оборудование.

Вентиляторы – это воздуходувные машины, создающие определенное давление и служащие для перемещения воздуха при потерях давления в вентиляционной сети не более 12 кПа. Наиболее распространенными являются осевые и радиальные (центробежные) вентиляторы. *Осевой* вентилятор представляет собой лопаточное колесо, расположенное в цилиндрическом кожухе. При вращении колеса воздух под действием лопаток перемещается в осевом направлении. Преимуществами осевых вентиляторов являются простота конструкции, возможность эффективного регулирования производительности посредством поворота лопаток, большая производительность, реверсивность работы. К недостаткам относятся относительно малая величина давления и повышенный шум. *Радиальный (центробежный)* вентилятор состоит из спирального корпуса с размещенным внутри лопаточным колесом. При вращении колеса воздух поступает через входное отверстие в корпусе, попадает между лопатками и под действием центробежной силы перемещается по каналам между лопатками и выбрасывается через выпускное отверстие.

В зависимости от состава перемещаемого воздуха вентиляторы изготавливают из определенных материалов и различной конструкции:

1) обычного исполнения – для перемещения чистого воздуха, изготавливают из обычных сортов стали;

2) антикоррозионного исполнения – для перемещения агрессивных сред, хромистые и хромоникелевые стали, винипласт и т. д.;

3) искрозащитного исполнения – для перемещения взрывоопасных смесей (содержащих водород, ацетилен и т. п.), основные детали изготавливаются из алюминия и дюралюминия, устанавливается сальниковое уплотнение на валу;

4) пылевые – для перемещения пыльного воздуха, рабочие колеса изготавливают из материалов повышенной прочности, имеют 4–8 лопаток.

Подбор вентиляционного оборудования. При выборе центробежных и осевых вентиляторов необходимо исходить из заданных величин производительности L и давления p , термодинамического состояния и свойств перемещаемого газа, наличия в нем механических примесей, взрывопожароопасности и т. д. По полученным в ходе расчетов системы вентиляции значениям производительности и давления в характеристике вентилятора можно найти точку пересечения координат L – p . При этом необходимо иметь в виду, что расчетная производительность вентилятора L_v определяется с учетом потерь или подсосов воздуха. Так, для стальных, пластмассовых и асбестоцементных воздуховодов длиной до 50 м $L_v = 1,1L_c$, где L_c – суммарный расход воздуха в сети, м³/ч. Давление вентилятора должно быть равно суммарным потерям давления в сети или расчетному сопротивлению сети с учетом сопротивления калориферов, устройств для очистки воздуха и т. д. ($p_v = \Delta p_{вс}$).

Если рабочая точка располагается между двумя характеристиками вентилятора (при различной частоте вращения рабочего колеса), то ее сносят по вертикали на лежащую ниже характеристику и пересчитывают систему на новое давление, соответствующее полученной рабочей точке или же повышают ее до расположенной выше характеристики. При выборе вентилятора следует учитывать и то, что их характеристики составлены для стандартных условий. Поэтому для условий, отличающихся от стандартных, расчетное сопротивление сети необходимо привести к условиям характеристики вентилятора.

Так, при изменении плотности воздуха, перемещаемого системой вентиляции, одновременно изменяются характеристики вентилятора и сети. Поэтому можно произвести пересчет потерь давления в сети воздуховодов с учетом изменения плотности [1, 11].

При транспортировке воздуха с механическими примесями увеличивается сопротивление сети воздуховодов, а также потребляемая мощность. В этом случае потери давления в сети можно определить по формуле

$$\Delta p_{\text{см}} = \Delta p_{\text{ч}} (1 + k\mu),$$

где $\Delta p_{\text{ч}}$ – потери давления в сети для чистого воздуха;

k – коэффициент, принимаемый равным для минеральной пыли – 1, для стружек и опилок – 1,4;

μ – массовая концентрация перемещаемой смеси, равная отношению массы пыли (стружек, опилок) к массе чистого воздуха.

Потребная мощность на валу электродвигателя, кВт,

$$N = L_{\text{в}} p_{\text{в}} / (3,6 \cdot 10^6 \eta_{\text{в}} \eta_{\text{п}}),$$

где $L_{\text{в}}$ – производительность вентилятора, м³/ч;

$p_{\text{в}}$ – давление, создаваемое вентилятором, Па;

$\eta_{\text{в}}$ – КПД вентилятора;

$\eta_{\text{п}}$ – КПД передачи.

При перемещении воздуха с механическими примесями

$$N = 1,2 L_{\text{в}} p_{\text{в}} / (3,6 \cdot 10^6 \eta_{\text{в}} \eta_{\text{п}}).$$

Установочная мощность электродвигателя, кВт,

$$N_{\text{у}} = K_3 N,$$

где K_3 – коэффициент запаса мощности, принимаемый в соответствии с рекомендациями таблицы 1.1.

Т а б л и ц а 1.1 – Коэффициенты запаса мощности

Мощность на валу электродвигателя, кВт	Коэффициент запаса при вентиляторе	
	радиальном	осевом
До 0,5	1,50	1,20
От 0,51 до 1,0	1,30	1,15
” 1,01 ” 2,0	1,20	1,10
” 2,01 ” 5,0	1,15	1,05
Более 5,0	1,10	1,05

Пример. Необходимо подобрать радиальный вентилятор с производительностью $L_{\text{в}} = 6000$ м³/ч чистого воздуха, температурой $t = 80$ °С. Потери давления (сопротив-

ление) в системе вентиляции $\Delta p_{\text{вс}} = 586$ Па. Атмосферное давление $p_a = 720$ мм рт. ст. = 0,0956 МПа.

Решение. Так как условия работы системы вентиляции отличаются от стандартных ($t = 20$ °С; $\varphi = 50$ %, $\rho = 1,2$ кг/м³, $p_a = 760$ мм рт. ст. = 0,102 МПа), необходимо определить условное давление для подбора вентилятора при нормальных условиях воздушной среды

$$P_{\text{вс}} = \frac{586 (273 + 80) \cdot 0,102}{293 \cdot 0,096} = 750 \text{ Па.}$$

Пользуясь индивидуальными характеристиками [1, 11, 12] по положению рабочей точки (на пересечении линий давления и производительности), подбираем вентилятор В-Ц4–70 № 5, который при $L = 6000$ м³/ч и $p_v = 750$ Па имеет КПД, равный 0,8. Частота вращения рабочего колеса вентилятора $n = 1420$ об/мин.

При установке вентилятора на клиноременной передаче потребная мощность электродвигателя

$$N = 6000 \cdot 586 / (3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 0,95) = 1,29 \text{ кВт.}$$

Установочная мощность электродвигателя с учетом коэффициента запаса

$$N_y = 1,29 \cdot 1,2 = 1,5 \text{ кВт.}$$

К установке подбирается ближайший больший по мощности электродвигатель 4А90Е4 с частотой вращения 1420 об/мин.

При выборе вентиляционных агрегатов необходимо иметь в виду, что основные параметры, характеризующие работу вентиляторов, связаны с частотой вращения его рабочего колеса следующими соотношениями:

$$L_1 / L_2 = n_1 / n_2; p_1 / p_2 = n_1^2 / n_2^2; N_1 / N_2 = n_1^3 / n_2^3,$$

где L_1, p_1, N_1 – соответственно производительность, полное давление и мощность вентилятора при частоте вращения рабочего колеса n_1 ;

L_2, p_2, N_2 – те же параметры при частоте вращения рабочего колеса n_2 .

Таким образом, изменяя частоту вращения рабочего колеса вентилятора, можно получать необходимые значения основных параметров вентиляторов. Такая задача часто решается при эксплуатации вентиляционных установок.

Устройства очистки воздуха. Очистка воздуха от пыли может быть грубой, средней и тонкой. Для грубой и средней очистки применяют пылеуловители, действие которых основано на использовании сил тяжести или инерционных сил: пылесадительные камеры, циклоны, вихревые, жалюзийные, камерные и ротационные пылеуловители (ротоклоны).

Пылесадительные камеры (рисунок 1.1) применяют для осаждения крупной и тяжелой пыли с размером частиц более 100 мкм. Скорость воздуха в поперечном сечении корпуса 2 не более 0,5 м/с. Поэтому габариты камер получаются довольно большими, что ограничивает их применение.

Циклоны применяют для очистки воздуха от сухой неволокнистой и неслипающейся пыли (рисунок 1.2).

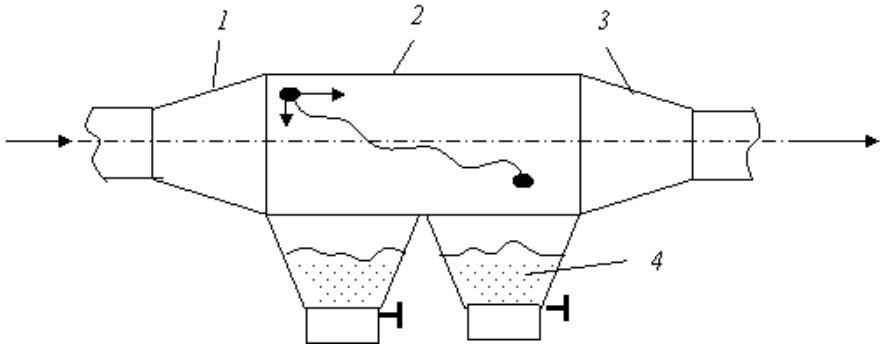


Рисунок 1.1 – Пылеосадительная камера:
 1 – входной патрубок; 2 – корпус; 3 – выходной патрубок; 4 – бункер

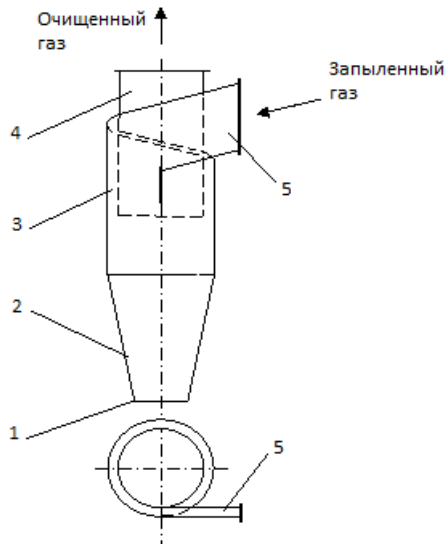


Рисунок 1.2 – Схема циклона:
 1 – входной патрубок; 2 – выхлопная труба; 3 – цилиндрическая часть;
 4 – коническая часть; 5 – патрубок выхода пыли

Исходные данные для решения задач выдаются преподавателем по вариантам.

ЗАДАЧА № 1

Определить необходимый воздухообмен и площади вентиляционных фрамуг для аэрации зала ожидания автовокзала.

Указания к решению задачи

- 1 Вычертить расчетную схему согласно рисункам 1.3 или 5.2 [1].
- 2 Соотношение площадей приточных и вытяжных проемов принять равным 1,25, т. е. площадь приточных больше вытяжных проемов на 25 %.
- 3 Определить необходимый воздухообмен в зале ожидания по тепловыделениям и количеству выделяемого углекислого газа.
Воздухообмен по тепловыделениям, м³/ч,

$$L_{\text{теп}} = \frac{Q_{\text{теп}}}{\rho c (t_{\text{yx}} - t_{\text{пр}})}, \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{теп}}$ – выделение избыточного тепла в помещении, кДж/ч,

$$Q_{\text{теп}} = N q_{\text{чел}}; \quad (1.2)$$

ρ – плотность воздуха, кг/м³, зависит от температуры и может быть определена из выражения $\rho = 353 / (273 + t)$;

c – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·град), принимается 1,005;

$t_{\text{yx}}, t_{\text{пр}}$ – соответственно температура удаляемого (уходящего) и приточного воздуха, °С, для условий задачи принимается $t_{\text{пр}} = t_{\text{н}}$.

Воздухообмен по выделениям углекислого газа, м³/ч, находящимися в зале ожидания вокзала пассажирами,

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{\sum N_i L_{(\text{CO}_2)_i}}{K_{\text{уд}} - K_{\text{пр}}}, \quad (1.3)$$

где $L_{(\text{CO}_2)_i}$ – количество углекислого газа, выделяемое одним человеком, л/ч. Выделение углекислого газа взрослым человеком в состоянии покоя или умственной работы – 23 л/ч (45 г/ч), при легкой физической работе – 30 л/ч (60 г/ч); детьми – 12 л/ч (24 г/ч);

$K_{уд}$, $K_{пр}$ – концентрация углекислого газа в удаляемом и приточном воздухе;
 $K_{уд} = 1,25 \text{ л/м}^3$; $K_{пр}$ в воздухе больших городов – $0,5 \text{ л/м}^3$, небольших городов – $0,4 \text{ л/м}^3$.

В дальнейших расчетах используется наибольшее значение воздухообмена.

4 Вычислить расстояние от нейтральной плоскости до центра верхних и нижних фрамуг, м,

$$h_{вв} = \frac{H}{\left(\frac{f_{в}}{f_{п}}\right)^2 \frac{\rho_{yx}}{\rho_{н}} + 1}; \quad h_{вн} = \frac{H}{\left(\frac{f_{п}}{f_{в}}\right)^2 \frac{\rho_{н}}{\rho_{yx}} + 1}, \quad (1.4)$$

где $f_{в}$, $f_{п}$ – соответственно площади вытяжных и приточных отверстий, м^2 ;

ρ_{yx} , $\rho_{н}$ – плотность воздуха соответственно удаляемого (уходящего) и наружного воздуха, кг/м^3 ;

H – расстояние между центрами приточных и вытяжных фрамуг, м;

$h_{вв}$, $h_{вн}$ – расстояния от нейтральной плоскости до центра верхних и нижних фрамуг, м^2 .

Тепловой напор P , Па, для вариантных условий:

$$P_{п} = h_{вв}g(\rho_{yx} - \rho_{н}) \quad \text{и} \quad P_{в} = h_{вн}g(\rho_{yx} - \rho_{н}), \quad (1.5)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

5 Рассчитать площади фрамуг и количество воздуха, входящего за счет аэрации.

Тепловые напоры в приточных и вытяжных отверстиях равны динамическим давлениям, за счет которых воздух поступает в помещение и удаляется из него. Из условий ниже находятся значения скорости воздуха в приточных и вытяжных отверстиях:

$$P_{п} = P_{д}^{п} = \frac{\rho_{п} v_{п}^2}{2} \quad \text{и} \quad P_{в} = P_{д}^{в} = \frac{\rho_{в} v_{в}^2}{2}, \quad (1.6)$$

где $P_{д}^{п}$, $P_{д}^{в}$ – динамическое давление в приточных и вытяжных отверстиях, Па;

$v_{п}^2$, $v_{в}^2$ – скорость движения воздуха в приточных и вытяжных отверстиях, м/с .

6 Определить площади приточных и вытяжных отверстий, преобразовав формулу расчета L_i .

Количество воздуха (воздухообмен), $\text{м}^3/\text{ч}$, поступающее в помещение или удаляемое из него,

$$L_i = 3600 \mu_i f_i v_i, \quad (1.7)$$

где μ_i – коэффициент расхода воздуха, зависящий от угла открытия створок фрамуг (форточек) α , $\mu_i = 0,63 \sin \alpha$;

f_i – площадь приточных (вытяжных) отверстий, м^2 .

7 Сделать выводы (обобщить результаты расчета).

Литература: [1, 2, 3].

Пример решения задачи № 1

Определить необходимый воздухообмен и площади вентиляционных фрамуг для удаления избыточного тепла в помещении производственного помещения.

Исходные данные:

- теплоизбыток в помещении $Q_{\text{теп}} = 40\,000$ кДж/ч;
- расстояние между центрами приточных и вытяжных фрамуг $H = 4$ м;
- температура наружного воздуха $t_{\text{н}} = 20,3$ °С;
- температура уходящего воздуха $t_{\text{yx}} = 31$ °С;
- температура воздуха в рабочей зоне $t_{\text{рз}} = 23$ °С;
- угол открытия створок фрамуг $\alpha = 30$ град.

Решение. 1 Расчетная схема аэрации помещения приведена на рисунке 1.3.

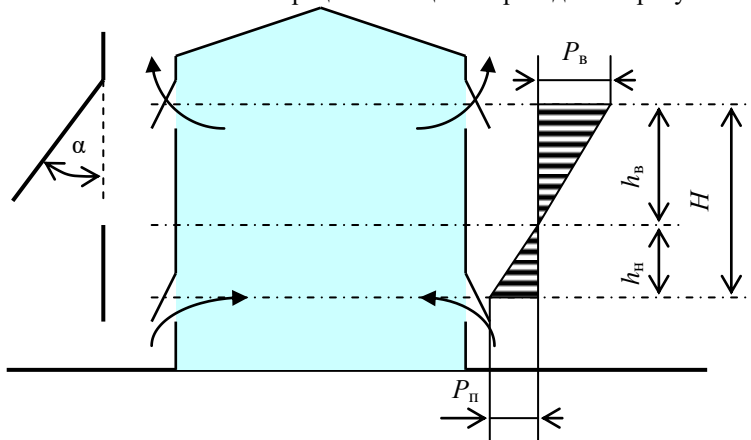


Рисунок 1.3 – Схема аэрации помещения

2 Во избежание опрокидывания естественного воздухообмена при ветровой нагрузке площадь приточных фрамуг должна быть больше вытяжных примерно на 25 %, поэтому соотношение площадей фрамуг приточных ($f_{\text{п}}$) и вытяжных ($f_{\text{в}}$) принимаем равным 1,25.

3 Необходимый воздухообмен в производственном помещении, требуемый для удаления теплоизбытков.

Воздухообмен по тепловыделениям определяем по формуле (1.1). Предварительно определяем плотность приточного воздуха

$$\rho_{\text{п}} = 353/(273 + 20) = 1,205 \text{ кг/м}^3,$$

тогда

$$L_{\text{теп}} = \frac{40000}{1,205 \cdot 1,005 (31 - 20)} = 3002,7 \approx 3003 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

4 Коэффициент расхода при угле открытия створок фрамуг $\alpha = 30^\circ$

$$\mu = 0,63 \sin \alpha = 0,63 \sin 30^\circ = 0,315.$$

5 По формуле (1.4) определяем расстояние от нейтральной зоны до центров вытяжных и приточных фрамуг.

Предварительно находим плотность удаляемого воздуха

$$\rho_{\text{в}} = \rho_{\text{yx}} = 353/(273 + 31) = 1,161 \text{ кг/м}^3,$$

тогда расстояние от нейтральной зоны до центра вытяжных проемов

$$h_{\text{в}} = \frac{4}{\left(\frac{1}{1,25}\right)^2 \cdot \frac{1,161}{1,205} + 1} = 2,47 \approx 2,5 \text{ м},$$

а расстояние от нейтральной зоны до центра приточных проемов составит:

$$h_{\text{п}} = H - h_{\text{в}} = 4 - 2,5 = 1,5 \text{ м}.$$

6 Тепловые напоры в плоскости приточных и вытяжных фрамуг определяем по формуле (1.5):

$$P_{\text{п}} = 1,5 \cdot 9,81 \cdot (1,205 - 1,161) = 0,65 \text{ Па};$$

$$P_{\text{в}} = 2,5 \cdot 9,81 \cdot (1,205 - 1,161) = 1,08 \text{ Па}.$$

Преобразовав формулы (1.6), находим значения скоростей воздуха в приточных и вытяжных отверстиях:

$$v_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2P_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,65}{1,205}} = 1,04 \text{ м/с}, v_{\text{в}} = \sqrt{\frac{2P_{\text{в}}}{\rho_{\text{yx}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,08}{1,161}} = 1,36 \text{ м/с}.$$

Преобразовав формулу (1.7), рассчитываем площади приточных и вытяжных отверстий:

$$f_{\text{п}} = \frac{L_{\text{теп}}}{3600 \mu v_{\text{п}}} = \frac{3003}{3600 \cdot 0,315 \cdot 1,04} = 2,55 \text{ м}^2, f_{\text{в}} = \frac{3003}{3600 \cdot 0,315 \cdot 1,36} = 1,95 \text{ м}^2$$

7 Расчеты показывают, что для удаления теплоизбытков из помещения в количестве 40 000 кДж/ч воздухообмен должен быть 3003 м³/ч, при этом площадь приточных фрамуг составит 2,55 м², а площадь вытяжных – 1,95 м².

ЗАДАЧА № 2

Рассчитать боковую двухстороннюю воздушно-тепловую завесу в тамбуре входа вокзала при заборе воздуха из открытого вестибюля при температуре воздуха завесы $t_z = 38 \text{ }^\circ\text{C}$.

Указания к решению задачи

1 Привести расчетную схему воздушно-тепловой завесы согласно рисунку 10.1 [1] или 1.4, приняв ширину входной двери 0,8 м.

2 Принять коэффициент расхода воздуха $\mu_{\text{вх}}$ для завесы смесительного типа в зависимости от конструкции входа по таблице 10.7 [1] или по таблице А.2.

Установить поправочный коэффициент K , учитывающий количество проходящих людей, место забора воздуха для завесы и тип вестибюля, по таблице 10.6 [1] или по таблице А.3.

3 Определить:

а) расстояние от центра проема, оборудованного завесой, до нейтральной зоны уровня равных давлений

$$h = h_{\text{л.к}} - 0,5h_{\text{дв}}, \quad (1.8)$$

где $h_{\text{л.к}}$ – высота лестничной клетки от планировочной отметки земли, м;

$h_{\text{дв}}$ – высота створки входных дверей, м;

б) расчетную разность давлений воздуха ΔP , Па, снаружи и внутри помещения на уровне проема

$$\Delta P = hg(\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}), \quad (1.9)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

$\rho_{\text{н}}$, $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха соответственно наружного и внутреннего, кг/м³, может быть определена из выражения $\rho = 353 / (273 + t)$, в которой t – это температура воздуха, $^\circ\text{C}$;

в) расход воздуха завесы G_3 , кг/ч,

$$G_3 = \frac{16000 K \mu_{\text{вх}} F_{\text{вх}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \sqrt{\Delta P_{\text{рн}}}}{t_3 - t_{\text{н}}}, \quad (1.10)$$

где $F_{\text{вх}}$ – площадь одной открываемой створки наружных дверей, м;
 $t_{\text{в}}, t_{\text{н}}$ – температура воздуха в помещении и наружного, соответственно, °С;

г) тепловая мощность Q_3 калориферов, кДж/ч, воздушно-тепловой завесы

$$Q_3 = c G_3 (t_3 - t_{\text{нач}}), \quad (1.11)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·град), принимается 1,005;

$t_{\text{нач}}$ – температура воздуха, забираемого с вестибюля, град.

4 Сделать выводы (обобщить результаты расчета).

Литература: [1, 2, 3].

Пример решения задачи № 2

Рассчитать боковую двухстороннюю воздушно-тепловую завесу в тамбуре входа двухэтажного автовокзала при заборе воздуха из открытого вестибюля при температуре воздуха завесы $t_3 = 38$ °С. Входные двери вращающиеся. Размер дверного проема: ширина 2,2 м, высота 2,5 м.

Исходные данные:

- количество людей, проходящих через вход в вокзал за час – 400 чел.;
- высота лестничной клетки от планировочной отметки земли $h_{\text{л.к}} = 4$ м;
- расчетная температура наружного воздуха $t_{\text{н}} = -10$ °С;
- температура воздуха в помещении $t_{\text{в}} = 19$ °С.

Решение. 1 Расчетная схема боковой двухсторонней завесы приведена на рисунке 1.4.

2 В зависимости от конструкции входа для завесы смесительного типа по таблице 10.7 [1] или таблице А.2 принимаем коэффициент расхода воздуха $\mu_{\text{вх}} = 0,1$.

По таблице 10.6 [1] или А.3 с учетом количества проходящих людей места забора воздуха для завесы и типа вестибюля поправочный коэффициент $K = 0,12$.

3 Расстояние от центра проема, оборудованного завесой, до нейтральной зоны уровня равных давлений определяем по формуле (1.8):

$$h = 4 - 0,5 \cdot 2,4 = 2,8 \text{ м.}$$

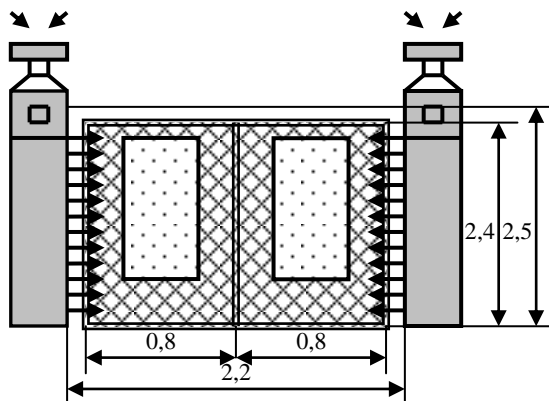


Рисунок 1.4 – Схема воздушно-тепловой завесы входа в здание автовокзала

4 Определяем расчетную разность давлений воздуха снаружи и внутри помещения на уровне проема по формуле (1.9).

Определяем плотность воздуха соответственно наружного и внутреннего:

$$\rho_n = 353/[273 + (-10)] = 1,342 \text{ кг/м}^3, \rho_v = 353/(273 + 19) = 1,209 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда

$$\Delta P = 2,8 \cdot 9,81(1,342 - 1,209) = 3,65 \text{ Па.}$$

5 По формуле (1.10) с учетом одновременного прохода людей через две створки вращающихся дверей вычисляем расход воздуха завесы

$$G_3 = \frac{16000 \cdot 0,12 \cdot 0,1 \cdot (2,2 \cdot 2,5) \cdot [19 - (-10)] \sqrt{3,65 \cdot 1,342}}{38 - 19} = 7134,5 \approx \approx 7135 \text{ кг/ч.}$$

6 Температуру воздуха, забираемого с вестибюля, принимаем равной температуре воздуха в помещении, т. к. забор воздуха осуществляется с верхней зоны помещения вестибюля вокзала $t_{нач} = t_v = 19 \text{ }^\circ\text{C}$.

Тогда тепловая мощность калориферов воздушно-тепловой завесы определим по формуле (1.11):

$$Q_3 = 1,005 \cdot 7135 (38 - 19) = 136242,8 \approx 136243 \text{ кДж/ч.}$$

7 Согласно расчету установлено, что расход воздуха завесы составил 7135 кг/ч, при этом тепловая мощность калориферов – 136243 кДж/ч.

ЗАДАЧА № 3

Рассчитать эффективность и гидравлическое сопротивление двухступенчатой установки для очистки запыленного воздуха, выбрасываемого в атмосферу от технологического оборудования. В качестве первой ступени очистки предусмотрен циклон ЦН-15, а в качестве второй ступени – рукавный фильтр.

Указания к решению задачи

1 Определить допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу $C_{\text{выб}}$, мг/м³,

$$C_{\text{выб}} = (160 - 4L)K, \quad (1.12)$$

где L – объем выбрасываемого в атмосферу воздуха, тыс. м³/ч;

K – коэффициент, зависящий от ПДК пыли в воздухе рабочей зоны (приведен в задании).

2 Определить требуемую степень очистки воздуха от пыли η , %,

$$\eta_{\text{треб}} = \frac{C_{\text{уд}} - C_{\text{выб}}}{C_{\text{уд}}} \cdot 100 \%. \quad (1.13)$$

3 Рассчитать общую эффективность двухступенчатой очистки воздуха η , %,

$$\eta_{\text{общ}} = [1 - (1 - \eta_{\text{ц}})(1 - \eta_{\text{ф}})] \cdot 100 \%, \quad (1.14)$$

где $\eta_{\text{ц}}$, $\eta_{\text{ф}}$ – эффективность очистки соответственно на первой и второй ступенях в относительных единицах (например, $\eta_{\text{ц}} = 0,85$).

4 Вычислить условную скорость движения воздуха в поперечном сечении первой ступени очистки в циклоне $v_{\text{ц}}$, м/с,

$$v_{\text{ц}} = \frac{4L}{\pi d^2}, \quad (1.15)$$

где L – производительность циклона, м³/с.

5 Рассчитать гидравлическое сопротивление первой ступени очистки в циклоне, Па,

$$P_{\text{ц}} = \zeta \rho v^2 / 2, \quad (1.16)$$

где ζ – коэффициент гидравлического сопротивления циклона, который можно принять по таблице X1.2 [5] или равным 160;

ρ – плотность воздуха при заданной температуре, кг/м^3 . При решении задачи температуру воздуха принять равной $t = 20$ °С, а плотность в кг/м^3 можно определить из выражения $\rho = 353 / (t + 273)$.

6 Определить общее сопротивление, кПа, двухступенчатой установки для очистки воздуха от пыли

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{ц}} + P_{\text{ф}}, \quad (1.17)$$

где $P_{\text{ц}}$, $P_{\text{ф}}$ – значения гидравлического сопротивления соответственно на первой и второй ступенях очистки, кПа.

Литература: [1, 5].

Пример решения задачи № 3

Рассчитать эффективность и гидравлическое сопротивление двухступенчатой установки для очистки запыленного воздуха, выбрасываемого в атмосферу от технологического оборудования. В качестве первой ступени очистки предусмотрен циклон ЦН-15, а в качестве второй – рукавный фильтр.

Исходные данные:

– объем выбрасываемого воздуха в атмосферу $L = 3,5 \text{ м}^3/\text{с}$, или $L = 3,5 \cdot 3600 = 12600 \text{ м}^3/\text{ч}$;

– коэффициент $K = 0,6$;

– концентрация пыли в удаляемом воздухе $C_{\text{уд}} = 1050 \text{ мг/м}^3$;

– эффективность очистки воздуха первой ступени (циклон) $\eta_{\text{ц}} = 85 \%$;

– эффективность очистки воздуха второй ступени (рукавный фильтр) $\eta_{\text{ф}} = 92 \%$;

– диаметр циклона $d = 0,5 \text{ м}$;

– гидравлическое сопротивление второй ступени очистки воздуха (рукавного фильтра) $P_{\text{ф}} = 1,8 \text{ кПа}$.

Решение. 1 Определяем допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, по формуле (1.12)

$$C_{\text{выб}} = (160 - 4 \cdot 12,6) \cdot 0,6 = 65,76 \text{ мг/м}^3$$

2 Определим требуемую степень очистки воздуха от пыли по формуле (1.13):

$$\eta_{\text{треб}} = \frac{1050 - 65,76}{1050} \cdot 100 \% = 93,74 \%$$

3 Рассчитаем общую эффективность двухступенчатой очистки воздуха по формуле (1.14):

$$\eta_{\text{общ}} = [1 - (1 - 0,85)(1 - 0,92)] \cdot 100 \% = 98,8 \%$$

4 Вычислим условную скорость движения воздуха в поперечном сечении первой ступени очистки в циклоне по формуле (1.15):

$$v_{\text{ц}} = \frac{4 \cdot 3,5}{3,14 \cdot 0,5^2} = 17,83 \text{ м/с.}$$

5 Рассчитаем гидравлическое сопротивление первой ступени очистки в циклоне по формуле (1.16).

Предварительно определим плотность воздуха:

$$\rho = 353 / (t + 273) = 353 / (20 + 273) = 1,2 \text{ кг/м}^3;$$

$$P_{\text{ц}} = 160 \cdot 1,2 \cdot 17,86^2 / 2 = 30,62 \text{ кПа.}$$

6 Определить общее сопротивление двухступенчатой установки для очистки воздуха от пыли по формуле (1.17):

$$P_{\text{общ}} = 30,62 + 1,8 = 32,42 \text{ кПа.}$$

7 Согласно расчету установлено, что общая эффективность двухступенчатой очистки воздуха составила 98,8 %, а гидравлическое сопротивление – 32,42 кПа.

ЗАДАЧА № 4

Выполнить аэродинамический расчет воздухопроводов вытяжной системы вентиляции методом удельных потерь давления.

Указания к решению задачи

Для выполнения расчета в масштабе вычерчивают аксонометрическую схему системы вентиляции, нумеруют участки, определяют длины и нагрузки участков.

Расчет заключается в определении размеров сечений участков системы и гидравлических потерь на этих участках при перемещении заданного коли-

чества воздуха. Размеры сечений воздуховодов определяются с учетом расчетных значений расходов воздуха на участках L_i и скоростей движения воздуха v_i :

$$F_i = L_i / (3600 v_i), \quad (1.18)$$

где F_i – площадь поперечного воздуховода, м²;

L_i – расход воздуха на участке, м³/ч;

v_i – скорость движения воздуха на участке, м/с.

Как правило, из экономических соображений задаются скоростями движения воздуха по ветви.

Известно, что значение скорости является фактором, влияющим на технико-экономическую характеристику вентиляционной установки. При проектировании вентиляционных систем для воздуховодов в общественных, административных и вспомогательных зданиях предприятий скорость не должна превышать 5–6 м/с, а для производственных зданий – 12 м/с. Скорости движения воздуха в воздуховодах, пролегающих за пределами зданий, могут быть увеличены до 18 м/с.

Затем по таблице 12.17 [1] в соответствии с заданными расходами и полученными размерами поперечных сечений воздуховодов определяют удельные (на 1 м длины) потери давления на трение и местные сопротивления каждого из участков. Участком (как и в системах отопления) называется воздуховод, скорость движения и расход воздуха в котором не меняется.

Общие потери давления (сопротивление), Па, на i -м участке сети воздуховодов равны сумме потерь давления на преодоление сопротивления трения $\Delta p_{\text{три}}$ и местных сопротивлений $\Delta p_{\text{м.с } i}$:

$$\Delta p_i = \Delta p_{\text{три}} + \Delta p_{\text{м.с } i}. \quad (1.19)$$

В свою очередь потери давления на преодоление сопротивления трения

$$\Delta p_{\text{три}} = \frac{\lambda_i l_i}{d_i} \rho \frac{v_i^2}{2} = R_i l_i, \quad (1.20)$$

где λ_i – коэффициент сопротивления трения;

l_i – длина участка сети воздуховодов, м;

d_i – диаметр или эквивалентный диаметр воздуховода, м;

v_i – скорость воздуха на участке, м/с;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

R_i – удельные потери давления на трение на 1 м участка, Па/м.

Потери давления, Па, на преодоление местных сопротивлений

$$\Delta p_{\text{м.с. } i} = z_i = \sum \zeta_i \rho \frac{v_i^2}{2}, \quad (1.21)$$

где z_i – суммарные местные сопротивления на участке;

$\sum \zeta_i$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений (к.м.с) на участке.

Значения к.м.с. для различных видов сопротивлений (конфузоров, диффузоров, поворотов, тройников и т. д.) приведены в таблицах 12.18–12.49 справочной литературы [1].

Следовательно, потери давления (сопротивления) на i -м участке, Па, составят

$$\Delta p_i = R_i l_i + z_i. \quad (1.22)$$

Если на участке установлено вентиляционное оборудование (калориферы, устройства для очистки воздуха и др.), то их сопротивления движению воздуха учитываются при определении Δp_i .

При выполнении расчетов удобнее пользоваться специальными таблицами для расчета воздухопроводов, приведенными в справочнике [1]. Зная расход воздуха на участке L_i , м³/ч, и диаметр воздуховода или эквивалентный диаметр для некруглых воздухопроводов, по таблице 12.17 [1] можно сразу определить расчетную скорость воздуха на участке v_i , м/с, динамическое давление $\rho v_i^2 / 2$, Па, и удельные потери давления на участке R_i , Па/м.

Суммарные потери давления (полное сопротивление), Па, в вентиляционной системе определяются как сумма потерь давления (сопротивлений) всех последовательно включенных участков:

$$\Delta p_{\text{в.с}} = \sum_{i=1}^n \Delta p_i, \quad (1.23)$$

где n – число последовательных участков.

При этом необходимо выравнивать потери давления (сопротивления) параллельных участков сети. Это можно обеспечить либо за счет подбора соответствующих диаметров воздухопроводов (размеров поперечных сечений), либо, в случае невозможности, постановки диафрагм на тех участках, где необходимо увеличить сопротивление. При изменении диаметра воздуховода, естественно, изменится скорость движения воздуха при заданном значении расхода L_i , динамическое давление $\rho v_i^2 / 2$ и, соответственно, сопротивление движению воздуха на участке. Допускается отклонение потерь давления в параллельных участках в пределах 10 %.

Расчет ответвлений магистральной ветви производится в обратном порядке: исходя из располагаемых давлений в тройниках или крестовинах (в местах, где сходится несколько параллельных участков) определяют расчетные значения скоростей и по ним (с помощью расчетных таблиц) – диаметры (размеры поперечных сечений) воздуховодов. Потери давления на соединяющихся в тройниках (крестовинах) участках должны быть соответственно одинаковыми (отклонения допускаются в пределах 10 %).

Расчет воздуховодов по методу удельных потерь давления удобнее сводить в таблицы.

Пример решения задачи № 4

Выполнить гидравлический расчет воздуховодов вытяжной системы вентиляции методом удельных потерь давления в следующем порядке.

1 С учетом приведенных выше рекомендаций задаемся исходными данными, строим расчетную схему, нумеруем участки, определяем длины и нагрузки участков. Длинами участков задаются в соответствии с проектными данными вентиляционной системы. Расход воздуха определяется в соответствии с утвержденными методиками по определению производительности местных отсосов или общеобменной вентиляции.

2 Устанавливаем дополнительные сведения: воздуховоды круглые, диапазон скоростей движения воздуха – 8–12 м/с. Данные для расчета круглых воздуховодов и значения коэффициентов местных сопротивлений принимают по таблицам 12.17–12.49 [1].

3 По расходу воздуха и диапазону скоростей для всех участков определяем диаметр, скорость, удельные потери давления и скоростное давление.

4 Определяем потери давления по длине.

5 Вычисляем суммы коэффициентов местных сопротивлений.

6 Определяем потери давлений на местные сопротивления и на участках.

7 Определяем потери давления по отдельным ветвям.

8 Производим увязку потерь давления (сопротивлений) отдельных участков и ветвей.

Аксонметрическая (расчетная) схема сети воздуховодов приведена на рисунке 1.5.

Коэффициенты местных сопротивлений определяем в соответствии с рекомендациями [1] с учетом исходных данных, расчетных скоростей воздуха на участках, размеров воздуховодов и конструктивного исполнения отдельных элементов сети.

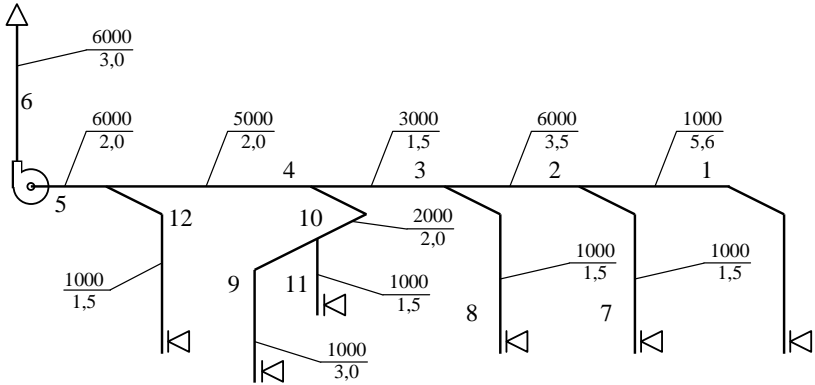


Рисунок 1.5 – Аксонометрическая схема вытяжной вентиляционной системы

Участок 1.

Вход боковой через первое отверстие

$$F_{\text{отв}} / F_o = 1;$$

$$\zeta = 2,28.$$

Отвод 90° ; $R_o / d = 1,5$;

$$\zeta = 0,17.$$

Тройник-проход, $\alpha = 30^\circ$. Отношение площадей равно отношению квадратов диаметров:

$$F_n / F_o = 0,2^2 : 0,28^2 = 0,5;$$

$$F_o / F_c = 0,2^2 : 0,28^2 = 0,5;$$

$$L_o / L_c = 1000 : 2000 = 0,5;$$

$$\zeta = 0;$$

$$\sum \zeta_1 = 2,28 + 0,17 = 2,45.$$

Участок 2.

Тройник-проход, $\alpha = 30^\circ$;

$$F_n / F_c = 0,28^2 : 0,315^2 = 0,8;$$

$$F_o / F_c = 0,18^2 : 0,315^2 = 0,33;$$

$$L_o / L_c = 1000 : 3000 = 0,3;$$

$$\sum \zeta_2 = 0,2.$$

Участок 3.

Тройник-проход, $\alpha = 30^\circ$;

$$F_n / F_c = 0,315^2 : 0,4^2 = 0,62;$$

$$F_o / F_c = 0,28^2 : 0,4^2 = 0,5;$$

$$L_o / L_c = 2000 : 5000 = 0,4;$$

$$\sum \zeta_3 = 0,1.$$

Участок 4.

Тройник-проход, $\alpha = 30^\circ$;

$$F_{\text{п}} / F_{\text{с}} = 0,4^2 : 0,45^2 = 0,8;$$

$$F_{\text{о}} / F_{\text{с}} = 0,18^2 : 0,45^2 = 0,16;$$

$$L_{\text{о}} / L_{\text{с}} = 1000 : 6000 = 0,167;$$

$$\sum \zeta_4 = 0,2.$$

Участок 5.

Местных сопротивлений нет.

$$\sum \zeta_5 = 0.$$

Участок 6.

$$\text{Зонг } h / d_0 = 0,5.$$

$$\sum \zeta_6 = 0,6.$$

Участок 7.

Вход (см. участок 1);

$$\zeta = 2,28.$$

Тройник-ответвление (см. участок 1);

$$\zeta = 0,5;$$

$$\sum \zeta_7 = 2,78.$$

Участок 8.

Вход (см. участок 1);

$$F_{\text{отв}} / F_{\text{о}} = 1,4;$$

$$\zeta = 1,3.$$

Тройник-ответвление (см. участок 1);

$$\zeta = 0,7;$$

$$\sum \zeta_8 = 2.$$

Участок 9 (см. участок 1).

$$\sum \zeta_9 = 2,45.$$

Участок 10.

Тройник-ответвление (см. участок 2);

$$\zeta = 0,5;$$

$$\sum \zeta_{10} = 0,5.$$

Участок 11 (см. участок 7).

$$\sum \zeta_{11} = 2,78.$$

Участок 12.

Тройник-ответвление (см. участок 1);

$$\zeta = 0.$$

$$\text{Вход } F_{\text{отв}} / F_{\text{о}} = 0,95;$$

$$\zeta = 2,5;$$

$$\sum \zeta_{12} = 2,5.$$

Полученные в ходе аэродинамического расчета данные позволяют осуществить выбор сетевого и вентиляционного оборудования и выполнить проект вентиляционной системы.

Расчет заданной сети воздуховодов приведен в таблице 1.2.

Т а б л и ц а 1.2 – Аэродинамический расчет сети воздуховодов вытяжной системы

Номер участка сети	Расход воздуха L_i , м ³ /ч	Длина участка l_i , м	Диаметр воздуховода d_i , м	Скорость воздуха v_i , м/с	Удельные потери давления на трение R_i , Па/м	Потери давления по длине $R_i l_i$	Динамическое давление $\rho v_i^2 / 2$, Па	Сумма к.м.с. на участке $\sum \zeta_i$	Потери давления в местных сопротивлениях z_i , Па	Общие потери давления на участке $R_i l_i + z_i$, Па
1	1000	5,6	200	8,9	4,81	26,9	48,4	2,45	118,5	145,4
2	2000	3,5	280	9,1	3,3	11,5	50,7	0,2	11,4	22,9
3	3000	1,5	315	10,7	3,86	5,58	70,0	0,1	7,0	12,8
4	5000	2,0	400	11,7	3,07	6,1	75,4	0,2	15,1	21,2
5	6000	1,0	450	10,5	2,38	2,4	67,4	0	0	2,4
6	6000	3,0	500	8,5	1,41	4,2	44,2	0,6	26,8	31,0
Потеря давления в расчетной ветви, т. е. требуемое давление вентилятора $\sum(Rl + z) = 235,7$ Па.										
Располагаемое давление для участка 7 $P_p = \sum(Rl + z)_1 = 145,5$ Па										
7	1000	1,5	200	4,81	7,2	8,9	48,4	2,78	134,2	141,4
Невязка $(145,4 - 141,4) : 145,4 \cdot 100 \% = 2,75 \%$.										
Располагаемое давление для участка 8 $P_p = \sum(Rl + z)_{1,2} = 168,3$ Па										
8	1000	15	180	8,05	12,1	10,9	72,7	2	145,4	157,5
Невязка $(168,3 - 157,5) : 168,3 \cdot 100 \% = 6,42 \%$.										
Располагаемое давление для участков 9 и 10 $P_p = \sum(Rl + z)_{1,2,3} = 181,1$ Па										
9	1000	3,0	200	4,81	14,4	8,9	48,4	2,45	118,5	132,9
10	2000	2,0	280	3,3	6,6	9,1	50,7	0,5	25,4	32,0
$\sum(Rl + z) = 164,9$ Па.										
Невязка $(181,1 - 164,9) : 181,1 \cdot 100 \% = 8,95 \%$.										
Располагаемое давление для участка 11 $P_p = \sum(Rl + z)_8 = 132,9$ Па										
11	1000	1,5	200	4,81	7,2	8,9	48,4	2,78	134,2	141,4
Невязка $(141,4 - 132,9) : 141,4 \cdot 100 \% = 6,04 \%$.										
Располагаемое давление для участка 12 $P_p = \sum(Rl + z)_{1,2,3,4} = 202,3$ Па										
12	1000	1,5	180	8,05	12,1	10,9	72,7	2,5	181,2	193,3
Невязка $(202,3 - 193,3) : 202,3 \cdot 100 \% = 4,44 \%$										

2 ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Правильно выполненная система освещения играет существенную роль в снижении производственного травматизма, потенциальной опасности многих производственных факторов, создает нормальные условия работы, повышает общую работоспособность. Увеличение освещенности от 100 до 1000 лк при напряженной зрительной работе способствует повышению производительности труда на 10–20 %, уменьшению брака на 20 % и снижению количества несчастных случаев на 30 %. Недостаточное освещение, помимо роста количества несчастных случаев, может привести к профессиональному заболеванию: прогрессирующая близорукость. В случае если частично или полностью лишить человека естественного света, может возникнуть световое голодание.

Для правильного понимания материала и успешного решения задач необходимо знать следующие термины с соответствующими определениями.

Боковое естественное освещение – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах.

Верхнее естественное освещение – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания.

Геометрический коэффициент естественной освещенности ε , %, – отношение естественной освещенности, создаваемой в рассматриваемой точке заданной плоскости внутри помещения светом, прошедшим через незаполненный световой проем и исходящим непосредственно от равномерно яркого неба без учета светового потока, отраженного от внутренних поверхностей помещения к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности под открытым полностью небосводом, при этом участие прямого солнечного света в создании той или другой освещенности исключается.

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Комбинированное освещение – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

Комбинированное естественное освещение – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Контраст объекта различения с фоном K – отношение абсолютной величины разности между яркостью фона и объекта к яркости фона.

Контраст объекта различения с фоном считается:

- *большим* – при K более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости);
- *средним* – при K от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости);
- *малым* – при K менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

Коэффициент естественной освещенности КЕО, %, – отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным и после отражений от внутренних поверхностей помещения), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

Коэффициент запаса K_z , – расчетный коэффициент, учитывающий снижение коэффициента естественного освещения и освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения.

Коэффициент отражения ρ характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. Определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока F_ρ к падающему на нее световому потоку F :

$$\rho = \frac{F_\rho}{F}.$$

Как видно из уравнения, ρ размерности не имеет и выражается либо в долях единицы, либо в процентах.

Неравномерность естественного освещения – отношение среднего значения к минимальному значению коэффициента естественного освещения в пределах характерного разреза помещения (при верхнем и комбинированном естественном освещении) и отношение максимального значения к минимальному значению коэффициента естественного освещения в пределах характерного разреза помещения (при боковом освещении).

Объект различения – рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы.

Общее освещение – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

Освещенность E характеризует плотность светового потока dF на освещаемой поверхности dS . По МСС освещенность есть отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащей данную точку, к площади этого элемента

$$E = \frac{dF}{dS}.$$

За единицу освещенности принят люкс (лк).

Относительная площадь световых проемов S_{ϕ}/S_{Π} ; S_o/S_{Π} , % – отношение площади фонарей или окон к освещаемой площади пола помещения.

Площадь окон S_o , m^2 , – суммарная площадь световых проемов (в свету), находящихся в наружных стенах освещаемого помещения.

Площадь фонарей S_{ϕ} , m^2 , – суммарная площадь световых проемов (в свету) всех фонарей, находящихся в покрытии над освещаемым помещением или пролетом.

Рабочая поверхность – поверхность, на которой производится работа и нормируется или измеряется освещенность.

Рабочее освещение – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

Расчетное значение коэффициента естественной освещенности e_p – значение, получаемое расчетным путем при проектировании естественного или совмещенного освещения помещений, выражается в процентах.

Световой поток F определяется как мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению человеческого глаза. За единицу светового потока принят люмен (лм). Международным светотехническим словарем (МСС) единица СИ светового потока определена как «световой поток, излучаемый в единичном телесном угле (стерадиан) равномерным точечным источником с силой света в 1 канделу».

Световой проем – строительный проем в наружной ограждающей конструкции (в свету).

Сила света I – величина пространственной плотности светового потока, которая определяется как отношение светового потока dF , исходящего от источника и распространяющегося равномерно внутри элементарного телесного угла $d\omega$, к величине этого угла, в пределах которого световой поток распространяется и равномерно распределяется:

$$I_{\alpha} = \frac{dF}{d\omega},$$

где I_{α} – сила света под углом α ;

dF – световой поток, равномерно распределяющийся в пределах телесного угла $d\omega$.

За единицу силы света принята кандела (кд). В системе СИ за канделу принимается сила света, испускаемого в перпендикулярном направлении $1/600000 m^2$ поверхности полного излучателя при температуре затвердевания платины ($T = 2045 K$) и давления $101325 Pa$. $1 kд = 1 лм \cdot ср^{-1}$.

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное естественное освещение дополняется, как правило, искусственным в течение рабочего дня с автоматическим регулированием для обеспечения нормативного уровня освещенности рабочей поверхности.

Условная рабочая поверхность – условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается.

Фон считается:

- *светлым* – при коэффициенте отражения поверхности более 0,4;
- *средним* – то же, от 0,2 до 0,4;
- *темным* – то же, менее 0,2.

Характерный разрез помещения – поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна к плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или к продольной оси пролетов помещения.

В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов.

Яркость поверхности (яркость) L – отношение силы света dI_α , излучаемого элементом светящейся поверхности dS в данном направлении α , к площади проекции этой поверхности $dS \cos\alpha$.

В общем случае она может быть представлена

$$L_\alpha = \frac{dI_\alpha}{dS \cdot \cos\alpha}.$$

Другими словами, яркость характеризует пространственную плотность силы света в данном направлении. Единица измерения яркости, $\text{кд}/\text{м}^2$, специального названия не имеет. Яркость – одна из всех световых величин, непосредственно воспринимаемая глазом наблюдателя.

По типу освещение принято делить на естественное, искусственное, совмещенное освещение (естественное и искусственное). Способ освещения выбирают с учетом специфики технологии производства, объема планировочного и конструктивного решения здания, климатических и светоклиматических особенностей района строительства и экономических возможностей (ТКП 45-2.04-153–2009 «Естественное и искусственное освещение»).

Естественное освещение в помещении подразделяют на *боковое*, *верхнее* и *комбинированное* (боковое и верхнее). В первом случае свет проникает в здание через световые проемы в наружных стенах, во втором – через фонари в покрытии и через проемы в стенах в местах перепада высот смежных пролетов, в третьем – через проемы всех типов (пролет – расстояние между продольными рядами колонн). При выборе вида естественного освещения учитывают специфику технологического процесса, условия зрительной работы, конструктивные решения здания, климатические особенности места, экономические факторы и т. д.

Естественное освещение в любой точке характеризуется коэффициентом естественного освещения (КЕО). КЕО представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности, создаваемой в некоторой точке помещения светом неба к одновременной освещенности точки, находящейся снаружи помещения на открытом пространстве и освещаемой рассеянным светом всего небосвода. Аналитически КЕО выражается формулой:

$$e = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нар}}} \cdot 100 \%,$$

где e – КЕО в данной точке помещения, %;

$E_{\text{вн}}$ – естественная освещенность, создаваемая светом неба в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения, лк;

$E_{\text{нар}}$ – замеренная одновременно с $E_{\text{в}}$ наружная горизонтальная освещенность под открытым полностью небосводом, лк.

Для расчета естественного освещения используются три метода: *аналитический* (при боковом, верхнем, верхнем и боковом освещении); *геометрический*, основанный на соотношении площадей световых проемов и пола (при боковом и верхнем освещении); *графический*, основанный на законе телесного угла (график А. М. Данилюка).

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены строительными нормами и утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных и цокольных этажах зданий. Уровень освещенности рабочих мест естественным светом не является постоянным, так как он зависит от времени года и суток, состояния атмосферы и т. п. К тому же при двусменной работе время использования естественного света относительно невелико.

Искусственное освещение обеспечивает постоянную освещенность на рабочих местах в течение суток.

В производственных помещениях применяют систему *общего, местного и комбинированного* (общего и местного) освещения.

Система общего освещения предназначена как для освещения рабочих поверхностей, так и всего помещения в целом. В системе общего освещения принято различать два способа размещения светильников: равномерное и локализованное. Равномерный способ предполагает равные расстояния между светильниками в каждом ряду и между рядами. В системе общего локализованного освещения положение каждого светильника определяется соображениями выбора наиболее выгодного направления светового потока и устранение теней на освещенном рабочем месте, т. е. целиком зависит от расположения оборудования.

Система общего освещения допускается в случаях технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения. Система общего освещения с равномерным размещением светильников может быть рекомендована в следующих производственных помещениях: с высокой плотностью расположения оборудования и, если это оборудование не создает теней на рабочих поверхностях и не требует изменения направления света (ткацкие цехи); при выполнении в них однотипных работ по всей площади (линейные цехи, крупноборочные цехи); при зрительных работах V–VII разрядов, а также во вспомогательных, складских и проходных помещениях.

Равномерное расположение светильников общего освещения применяется обычно в тех случаях, когда необходимо обеспечить одинаковые условия освещения по всей площади помещения, а локализованное – при необходимости дополнительного подсвета отдельных участков освещаемого помещения, если эти участки достаточно велики по площади или по условиям работы в них невозможно устройство местного освещения.

Местное (локализованное) освещение позволяет уменьшить удельную мощность осветительной установки и обеспечить лучшее качество освещения. К недостаткам локализованного освещения следует отнести повышенную неравномерность распределения яркости в поле зрения работающего.

Локализованное освещение целесообразно применять при расположении рабочих мест группами, сосредоточенных на отдельных участках работ различной точности, требующих разных уровней освещенности; при зрительных работах, связанных с обзором больших рабочих поверхностей, требующих высоких уровней освещенности (разметочная плита), или наличие громоздкого оборудования, создающего тени, на которых невозможно устройство местного освещения (сборка машин).

При локализованном размещении светильников освещенность проходов и участков, где не производятся работы, должна составлять не более 25 % нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не менее 75 лк при разрядных лампах и не менее 30 лк при лампах накаливания.

Система комбинированного освещения включает в себя светильники, расположенные непосредственно у рабочего места и предназначенные только для освещения рабочей поверхности (местное освещение), и светильники общего освещения – для выравнивания, распределения яркости в поле зрения и создания необходимой освещенности в проходах помещения.

Общая освещенность в системе комбинированного освещения должна составлять не менее 10 % нормируемой. При этом освещенность должна быть не менее 200 лк при газоразрядных лампах и не менее 75 лк при лампах накаливания.

Требуемая по нормам освещенность рабочей поверхности создается пу-

тем подбора типа светильников, их количества и высоты подвеса над рабочей поверхностью.

В соответствии с [6] для искусственного освещения производственных помещений нормируются количественные (минимальная освещенность) характеристики. Величина минимальной освещенности устанавливается по характеристике зрительной работы, которую определяют наименьшим размером объекта различия, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона. Различают 8 разрядов и 4 подразряда работ в зависимости от условий зрительной работы.

Методы расчета искусственной освещенности.

При проектировании осветительной установки необходимо решить следующие основные вопросы:

- выбрать систему освещения и тип источника света;
- установить тип светильников;
- произвести размещение светильников;
- уточнить количество светильников.

При этом следует учитывать, что освещенность любой точки внутри помещения имеет две составляющие: прямую, создаваемую непосредственно светильниками, и отраженную, которая образуется отраженным от потолка и стен световым потоком.

Исходные данные для светотехнических расчетов:

- нормируемое значение минимальной или средней освещенности;
- тип источника света и светильника;
- высота установки светильника;
- геометрические размеры освещаемого помещения или открытого пространства;
- коэффициенты отражения потолка, стен и расчетной поверхности помещения.

Существуют различные методы расчета искусственного освещения, которые можно свести к двум основным: *точечному и методу коэффициента использования светового потока*.

Точечный метод предназначен для нахождения освещенности в расчетной точке, он служит для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. Отраженная составляющая освещенности в этом методе учитывается приближенно. Точечным методом рассчитывается общее локализованное освещение, а также общее равномерное освещение при наличии существенных затенений.

Наиболее распространенным в проектной практике является метод расчета искусственного освещения по *методу коэффициента использования светового потока*.

В настоящее время проблема энергосбережения принимает все большую актуальность. Значительная часть электроэнергии, потребляемая предприятиями и организациями, расходуется на освещение производственных по-

мещений и уличное освещение. Следовательно, возникает задача производства модернизации в области освещения путем применения энергосберегающих источников света. Одним из путей решения этой задачи является использование светодиодного освещения. Характеристики некоторых светодиодных светильников приведены в таблицах В.6–В.8.

ЗАДАЧА № 5

С целью улучшения условий труда рассчитать технико-экономические характеристики осветительной установки для производственного помещения с общим равномерным освещением.

Исходные данные для решения задачи выдаются преподавателем по варианту.

Указания к решению задачи

1 Расчет осветительной установки для производственного помещения выполнить по методу коэффициента использования светового потока осветительной установки.

2 По ТКП 45-2.04-153–2009 «Естественное и искусственное освещение» установить:

а) нормированную освещенность на рабочей поверхности E_{\min} определить по таблице Б.1 или по таблице 1 [6]; рабочую поверхность принять на высоте 0,8 м от пола;

б) коэффициент запаса; содержание пыли и других примесей в воздушной среде принять самостоятельно по таблице Б.2 или по таблице 3 [6].

3 Выбрать тип светильника согласно условиям среды в производственном помещении.

4 Определить расчетную высоту подвеса светильника

$$h_p = H - h_{p,п} - h_c, \quad (2.1)$$

где H – высота подвеса светильника над полом, м;

$h_{p,п}$ – высота рабочей поверхности, м,

h_c – величина свеса светильника, м.

5 Найти индекс помещения i

$$i = \frac{S}{h_p (A + B)}, \quad (2.2)$$

где S – площадь помещения, м²;

A, B – соответственно длина и ширина помещения, м.

По таблице Б.3 определить коэффициент использования светового потока осветительной установки в зависимости от типа светильника и коэффициентов отражения потолка $\rho_{\text{п}}$ и стен $\rho_{\text{с}}$.

6 Установить коэффициент Z , характеризующий неравномерность освещения и коэффициент затенения ν . Значения коэффициентов принимаются самостоятельно в соответствии с рекомендациями п. 3–2 [7].

7 Рассчитать требуемый световой поток всех ламп и количество светильников по формуле

$$F_{\text{о}} = \frac{E_{\text{min}} K_3 S Z}{\eta \nu}, \quad (2.3)$$

где E_{min} – нормированная освещенность на рабочей поверхности, лк;

K_3 – коэффициент запаса;

S – площадь помещения, м^2 .

Количество светильников

$$n_{\text{с}} = \frac{F_{\text{о}}}{n F_{\text{л}}}, \quad (2.4)$$

где n – количество ламп в светильнике, шт. Для освещения производственных помещений используются двухламповые или четырехламповые светильники;

$F_{\text{л}}$ – световой поток лампы, лм. Значение выбирается по таблице Б.4 в зависимости от типа и мощности лампы.

8 Привести схему размещения светильников, обеспечивающую равномерное распределение освещенности с учетом наимыгоднейшего относительного расстояния между ними. Рекомендации по размещению светильников в помещении приведены в п. 3–2 [7] или п. 3.2 [8]. Схема размещения светильников приведена в примере 4.

9 Определить действительную освещенность рабочей поверхности

$$E_{\text{ф}} = \frac{E_{\text{min}} n_{\text{о}} F_{\text{л}}}{F_{\text{о}}}, \quad (2.5)$$

где $n_{\text{о}}$ – общее количество ламп, шт.; $n_{\text{о}} = n n_{\text{с}}$.

10 Рассчитать суммарную установленную мощность осветительной установки с учетом количества источников света и их мощности, Вт,

$$P_{\Sigma} = \frac{n_0 P_{\text{л}}}{1000}, \quad (2.6)$$

где $P_{\text{л}}$ – потребляемая мощность электроэнергии источника света, Вт.

11 Определить годовые затраты на потребляемую электроэнергию с учетом действующих тарифов и годового фонда рабочего времени, руб.

$$Z_{\text{г}} = D T_{\text{р}} C_{\text{эл}} P_{\Sigma}, \quad (2.7)$$

где D – количество рабочих дней в году;

$T_{\text{р}}$ – время работы осветительной установки в течение смены, ч;

$C_{\text{эл}}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб. Согласно тарифу на 27.02.2014 г. для промышленных предприятий с присоединенной мощностью до 750 кВт·А $C_{\text{эл}} = 1329,9$ руб./кВт.

Литература: [6, 7, 8].

Пример решения задачи № 5

Рассчитать технико-экономические характеристики осветительной установки для производственного помещения с общим равномерным освещением.

Исходные данные:

- разряд зрительной работы – III, подразряд зрительной работы – б;
- размеры помещения, м:
 - длина $A = 18$;
 - ширина $B = 10$;
 - высота $H = 4$;
- тип источника света – лампы ЛХБ мощностью 65 Вт;
- коэффициенты отражения:
 - потолка $\rho_{\text{п}} = 0,5$;
 - стен $\rho_{\text{с}} = 0,3$;
- время работы осветительной установки:
 - в течение смены $T_{\text{р}} = 9,5$ ч;
 - количество рабочих дней в году $D = 365$.

Решение. 1 Расчет осветительной установки для производственного помещения выполняем методом коэффициента использования светового потока.

2 Согласно характеристике и подразряду зрительной работы IIIб при среднем контрасте объекта с фоном устанавливаем нормированную освещенность на рабочей поверхности $E_{\text{min}} = 200$ лк (таблица 1 [6] или таблица Б.1).

3 Коэффициент запаса при содержании пыли и других примесей в воздухе менее 1 мг/м^3 (таблица 3 [6] или таблица Б.2) $K_3 = 1,5$.

4 Определим расчетную высоту подвеса светильника по формуле (2.1). Предварительно примем высоту рабочей поверхности $h_{p,п} = 0,8$ м от поверхности пола и величину свеса светильника $h_c = 0$ м.

$$h_p = 4 - 0,8 - 0 = 3,2 \text{ м.}$$

5 Найдем индекс помещения по формуле (2.2)

$$i = \frac{18 \cdot 10}{3,2 (18 + 10)} = 2,009.$$

6 При заданной люминесцентной лампе ЛХБ-65 принимаем тип светильника ЛДОР, т. к. по условиям среды в производственном помещении содержание пыли и других примесей в воздушной среде менее 1 мг/м^3 .

7 Интерполируя, определяем коэффициент использования светового потока η осветительной установки в зависимости от типа светильника и коэффициентов отражения потолка $\rho_{п}$ и стен ρ_c по таблице 3-1 [7] или таблице Б.3, который при $i = 2,009$, $\rho_{п} = 0,5$ и $\rho_c = 0,3$ составит 49 %. В расчеты необходимо подставлять значение в долях, т. е. 0,49.

8 Принимаем значения коэффициента, характеризующего неравномерность освещения $Z = 1,2$, и коэффициента затенения $\nu = 0,8$ (п. 3-2 [7]).

9 Рассчитаем требуемый световой поток всех ламп по формуле (2.3)

$$F_o = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 180 \cdot 1,2}{0,49 \cdot 0,8} = 165306,12 \approx 165306 \text{ лм.}$$

Рассчитаем количество светильников по формуле (2.4). Предварительно определим световой поток лампы. При заданном типе лампы ЛХБ-65 световой поток составит 3820 лм. Принимаем четырехламповые светильники, т. е. $n = 4$.

$$n_c = \frac{165306}{4 \cdot 3820} = 10,8 \approx 11 \text{ светильников.}$$

10 Для создания равномерного распределения освещенности произведем расчет величин размещения светильников.

Расстояние между осью рядов люминесцентных светильников

$$L = \lambda h_p,$$

где λ – коэффициент наивыгоднейшего относительного расстояния между

светильниками. Определяется по таблицам 5 [8] или Б.5 в зависимости от типа светильника и составляет 1,4–1,6. Принимаем $\lambda = 1,5$.

$$L = 1,5 \cdot 3,2 = 4,8 \text{ м.}$$

Расстояние от стены до оси ряда

$$l_1 = (0,4 \dots 0,5) L,$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 4,8 = 2,4 \text{ м.}$$

Уточняем расстояния расчетами:

$$l_1 = (B - L) / 2 = (10 - 4,8) / 2 = 2,6 \text{ м.}$$

Принимаем к дальнейшим расчетам $l_1 = 2,6$ м.

Расстояние от стены до торца светильника

$$l_2 = (0,25 \dots 0,3) L,$$

$$l_2 = 0,25 \cdot 4,8 = 1,2 \text{ м.}$$

Определим количество рядов

$$n_{\text{ряд}} = (B - 2 l_1) / L + 1,$$

$$n_{\text{ряд}} = (10 - 2 \cdot 2,6) / 4,8 + 1 = 2.$$

Так как по расчету получили 11 четырехламповых светильников, то принимаем два ряда по 6 шт. в ряду. То есть расчетное количество светильников увеличиваем на один для обеспечения равномерной освещенности и симметричности их размещения.

Определим расстояние между торцами светильников в ряду:

$$X = (A - 2 l_2 - n_{\text{св.ряд}} l_{\text{св}}) / (n_{\text{св.ряд}} - 1),$$

где $l_{\text{св}}$ – длина светильника, м. Принимаем по таблице Б.4 для лампы ЛХБ с мощностью лампы 65 Вт составит 1,514 м.

$n_{\text{св.ряд}}$ – количество светильников в ряду, $n_{\text{св.ряд}} = n_{\text{с}} / n_{\text{ряд}}$.

$$X = (18 - 2 \cdot 1,2 - 6 \cdot 1,514) / (6 - 1) = 1,3032 \approx 1,3 \text{ м.}$$

Схема размещения светильников в помещении приведена на рисунке 2.1.

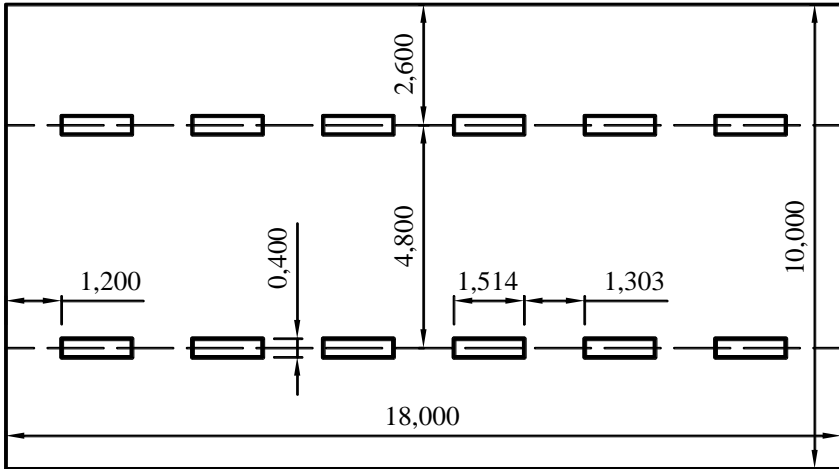


Рисунок 2.1 – Схема размещения светильников в помещении

11 Определим действительную освещенность рабочей поверхности:

$$E_{\phi} = \frac{200 \cdot 4 \cdot 12 \cdot 3820}{165306} = 221,8 \approx 222 \text{ лк.}$$

Фактическая освещенность E_{ϕ} должна быть в пределах допустимых отклонений от нормированной освещенности E_{\min} :

$$0,95E_{\min} \leq E_{\phi} \leq 1,1E_{\min},$$

$$0,95 \cdot 200 \leq 222 \leq 1,1 \cdot 200,$$

$$190 \leq 222 \leq 220.$$

Фактическая освещенность соответствует нормативу.

12 Рассчитаем суммарную установленную мощность, кВт, осветительной установки по формуле (2.6)

$$P_{\Sigma} = 12 \cdot 4 \cdot 65 / 1000 = 3,12.$$

13 Определим годовые затраты на потребляемую электроэнергию,

млн руб., с учетом действующих тарифов и годового фонда рабочего времени по формуле (2.7)

$$З_r = 365 \cdot 9,5 \cdot 1329,9 \cdot 3,12 = 4611428,25 \approx 4,611.$$

14 Согласно расчету для обеспечения нормированной освещенности 200 лк в производственном помещении необходимо установить два ряда четырехламповых светильников с лампами ЛХБ-65 по 6 четырехламповых светильников в ряду. Суммарная потребляемая мощность системы освещения составит 3,12 кВт, а годовые затраты на потребляемую электроэнергию – 4,611 млн руб.

ЗАДАЧА № 6

Произвести расчет наружного освещения территории объекта железнодорожного транспорта точечным методом.

Исходные данные для решения задачи выдаются преподавателем по варианту.

Указания к решению задачи

1 Привести расчетную схему в соответствии с исходными данными и определить положение контрольной точки. Пример схемы для расчета освещенности приведен на рисунке 5.2 [9]. Недостающие размеры светильников взять из таблицы 3.2 [9] или приложения В.1.

2 Определить по РД РБ 09150.47.005–2004 «Искусственное освещение наружных территорий и объектов железнодорожного транспорта» или по таблице В.2 приложения В для заданного объекта значение нормируемой освещенности E_n .

Коэффициент запаса K_3 наружных осветительных установок принять 1,5.

3 Вычислить углы в направлении контрольной точки, согласно расчетной схеме, с учетом принятых расстояний D и высоты установки светильника H . При этом учитываются источники света, расстояние от которых до расчетной точки не более $6H$.

4 Определить значение силы света I_{α_i} в направлении контрольной точки от каждого источника света для полученных углов по кривым силы света заданного светильника (рисунок 2.5 [9]).

5 Рассчитать горизонтальную освещенность от каждого светильника E_i , лм,

$$E_i = \frac{F_o I_{\alpha_i} \cos^3 \alpha_i}{1000 H^2 K_3}, \quad (2.8)$$

где F_0 – расчетный световой поток источника света, лм. Характеристики применяемых ламп приведены в таблицах 1.3–1.5 [9] или в таблицах В.3–В.5.

6 Определить суммарную освещенность в контрольной точке E_Σ , лм,

$$E_\Sigma = \sum_{i=1}^n E_i \cdot \quad (2.9)$$

7 Сделать выводы (сравнить полученное значение суммарной освещенности с нормируемой величиной и обобщить результаты расчета).

Литература: [9, 10, 11].

Пример решения задачи № 6

Произвести расчет наружного освещения территории объекта железнодорожного транспорта точечным методом.

Исходные данные:

- освещаемый объект: пассажирская платформа;
- размеры объекта, м: ширина $D = 6$, длина $L = 350$;
- тип светильника: РКУ-250;
- место установки опоры: пассажирская платформа;
- расстояние между опорами, м; $a = 20$;
- высота установки светильника, м; $H = 6$.

Решение. 1 Расчетная схема рисунок 5.2 [9] или рисунок 2.2 выполняем с учетом заданных расстояний и размеров светильника РКУ-250, $l = 1000$ мм.

2 Определим по РД РБ 09150.47.005–2004 «Искусственное освещение наружных территорий и объектов железнодорожного транспорта» или таблице 4.1 [9], или по таблице В.2 приложения В для пассажирской платформы с малым размером пассажиропотока (до 100 тыс. чел. в год) значение нормируемой освещенности $E_n = 2$ лк.

Коэффициент запаса K_3 наружных осветительных установок принимается в зависимости от источника света: для ламп накаливания 1,3 и для газоразрядных ламп 1,5 с учетом двухкратных чисток в течение года [9, с. 64–70]. Принимаем $K_3 = 1,5$.

3 Вычислим углы в направлении контрольной точки согласно расчетной схемы с учетом принятых расстояний D и высоты установки светильника H . При этом учитываем источники света, расстояние от которых до расчетной точки не более $6H$, т. е. 36 м, в нашем случае.

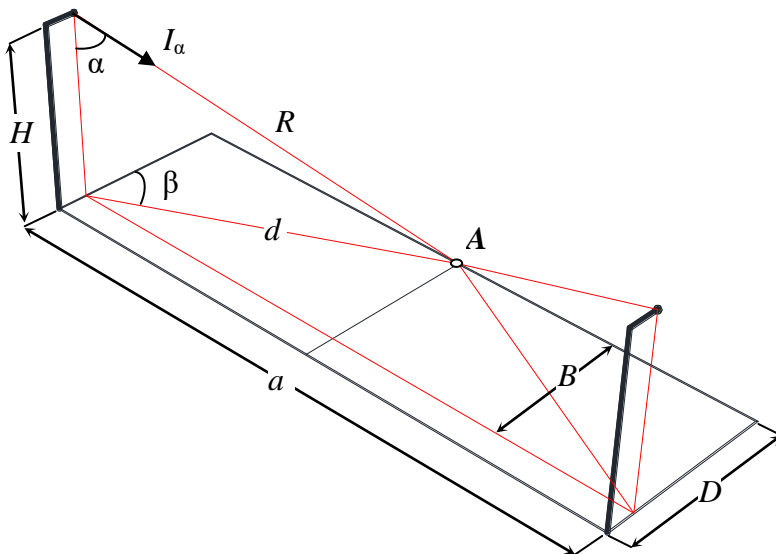


Рисунок 2.2 – Расчетная схема к точечному методу

Итак, для 1-го светильника:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= 0,5a / b = 10 / 5 = 2; \beta = 63^\circ; \\ d &= 0,5a / \sin \beta = 0,5 \cdot 20 / \sin 63^\circ = 10 / 0,894 = 11,18 \text{ м}; \\ \operatorname{tg} \alpha &= d / H = 11,18 / 6 = 1,86; \alpha = 62^\circ. \end{aligned}$$

Для 2-го светильника значения углов будут те же.

Для 3-го светильника:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta' &= 0,5a + a / b = 10 + 20 / 5 = 6; \beta' = 81^\circ; \\ d' &= 0,5a + a / \sin \beta' = 0,5 \cdot 20 + 20 / \sin 81^\circ = 30 / 0,988 = 30,4 \text{ м}; \\ \operatorname{tg} \alpha' &= d' / H = 30,4 / 6 = 5,06; \alpha = 79^\circ. \end{aligned}$$

4 По кривым силы света светильника РКУ-250 для $\alpha = 62^\circ$ и $\beta = 63^\circ$ определим значение силы света I_α в направлении контрольной точки от каждого источника света $I_\alpha = 170$ кд (рисунок 2.5 [9] или рисунок В.1). Для $\alpha' = 79^\circ$ и $\beta' = 81^\circ$ определить I_α не представляется возможным.

5 Рассчитаем горизонтальную освещенность от светильника по формуле (2.8). Предварительно установим световой поток для лампы ДРЛ250(6) по таблицам 1.3–1.5 [9] или В.3–В.5, $F_0 = 12000$ лм.

Для 1-го светильника E_{A1} , лк,

$$E_{A1} = \frac{12000 \cdot 170 \cdot \cos^3 62^\circ}{1000 \cdot 6^2 \cdot 1,5} = 3,91.$$

Для 2-го светильника аналогично $E_{A2} = 3,91$.

6 Определим суммарную освещенность в контрольной точке E_{Σ} , лк,

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n E_i \cdot$$

$$E_{\Sigma} = E_{A1} + E_{A2} = 3,91 + 3,91 = 7,81.$$

7 Фактическая освещенность в расчетной точке А, равная 7,81 лк, больше нормативного значения, равного 2 лк. Можно сделать вывод о верности расчета и правильности выбранного типа источника света.

Литература: [9, 10, 11].

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Справочные данные для расчета воздушно-тепловой завесы

**Таблица А.1 – Коэффициент расхода проема $\mu_{пр}$ для боковой завесы шиберу-
ющего типа**

Относительная площадь $F_{отн} = F_{пр} / F_{щ}$	Значения $\mu_{пр}$ раздвижного (верхняя строка) и распашного (нижняя строка) проема при относительном расходе воздуха q					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
10	0,42	0,38	0,35	0,33	0,31	0,29
	0,36	0,33	0,31	0,28	0,26	0,25
20	0,35	0,32	0,3	0,29	0,29	0,29
	0,3	0,27	0,26	0,25	0,25	0,25
30	0,31	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
40	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

Примечание – $F_{щ}$ – суммарная площадь воздуховыпускных щелей.

Таблица А.2 – Коэффициент расхода проема $\mu_{вх}$ для завес смесительного типа

Конструкция входа	$\mu_{пр}$
Одинарные двери	0,7
Двойные двери с тамбуром, прямой проход	0,65
Тройные двери с тамбуром, прямой проход	0,6
Двойные двери с тамбуром, зигзагообразный проход	0,55
Тройные двери с тамбуром, зигзагообразный проход	0,4
Вращающиеся двери	0,1

Таблица А.3 – Поправочный коэффициент K для завес смесительного типа

Место забора возду- ха и тип вестибюля	Тип дверей	Значения K при числе людей n , проходящих через проход в здание										
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
Забор воздуха из вестибюля откры- того	Одинарные	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,43	
	Двойные или вращаю- щиеся	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,21	0,26	0,3	0,34	0,38	
	Тройные	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,16	0,2	0,25	0,28	0,32	
То же, закрытого	Одинарные	0,05	0,09	0,14	0,18	0,22	0,23	0,27	0,32	0,35	0,39	
	Двойные или вращаю- щиеся	0,03	0,07	0,1	0,14	0,17	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	
	Тройные двери	0,02	0,05	0,07	0,1	0,12	0,15	0,18	0,23	0,25	0,29	
Забор воздуха сна- ружи при вестибю- ле открытым	Одинарные	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,21	0,24	0,28	0,31	0,34	
	Двойные или вращаю- щиеся	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,17	0,21	0,24	0,27	0,30	
	Тройные	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,2	0,23	0,26	
То же, закрытом	Одинарные	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	
	Двойные или вращаю- щиеся	0,03	0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	
	Тройные	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,2	0,22	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

**Справочные данные для расчета систем искусственного освещения
методом коэффициента использования светового потока**

**Таблица Б.1 – Нормированные значения освещенности на рабочих местах
при системе общего освещения**

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различия, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	500
			б	Малый	Средний	300
				Средний	Темный	200
			в	Малый	Светлый	300
Средний	Средний	300				
Средней точности	От 0,50 до 1,0	IV	г	Большой	Темный	200
				Средний	Светлый	200
			а	Малый	Светлый	200
				Средний	Средний	200
Малой точности	От 1,0 до 5,0	V	б	Малый	Светлый	200
				Средний	Темный	200
			в	Малый	Средний	200
				Средний	Средний	200
Большой точности	От 5,0 до 20,0	VI	г	Большой	Светлый	200
				Средний	Средний	200
			а	Малый	Светлый	200
				Средний	Средний	200

Т а б л и ц а Б.2 – Коэффициент запаса

Помещения и территории	Примеры помещений и пространств	Коэффициент запаса K_3 , при лампах		Количество чисток светильников в год
		газоразрядных	накаливания	
Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне пыль, дым, копоть, мг/м ³ : – от 1 до 5 – менее 1	Цехи: кузнечные, литейные, сварочные, мартеновские, сборного железобетона	1,8	1,5	6
	Цехи: инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, ремонтов ТР-1, ТР-2	1,5	1,3	4
Помещения общественных и жилых зданий: – пыльные, жаркие и сырые – с нормальными условиями среды	Горячие цехи предприятий общественного питания, охлаждаемые камеры, приготовления растворов в прачечных, душевые и т. д.	1,6	1,7	2
	Кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, залы совещаний, торговые залы и т. д.	1,4	1,4	2
Территории с воздушной средой, содержащей количество пыли, мг/м ³ : – более 1 – менее 1	Металлургические, химические, горнодобывающие предприятия и прилегающая к ним территория	1,5	1,5	4
	Территории промпредприятий, кроме указанных выше	1,5	1,5	2
Населенные пункты	Улицы, площади, дороги, территории жилых районов, парки, бульвары, пешеходные и транспортные тоннели, фасады зданий, памятники	1,7	1,5	2

Т а б л и ц а Б.3 – Значения коэффициента использования светового потока
светильников

Тип светильника	ОД			ОДР, ПВЛ-6			ОДО			ОДОР		
	$\rho_n, \%$	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50
$\rho_c, \%$	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Индекс	Коэффициент использования, %											
0,5	30	25	20	28	24	21	29	21	19	26	20	17
0,6	34	29	25	32	27	24	32	26	22	30	24	20
0,7	38	33	29	35	30	27	26	29	25	34	28	23
0,8	42	36	33	38	33	29	40	33	28	37	31	26
0,9	45	39	35	41	36	32	42	36	31	40	33	28
1,0	47	42	38	44	38	34	46	38	33	42	35	30
1,1	50	44	40	46	41	36	48	41	36	45	37	33
1,25	53	48	43	48	44	39	51	44	38	48	40	35
1,5	57	52	47	52	47	43	54	48	42	51	43	38
1,75	60	54	51	54	50	46	59	51	45	54	46	41
2,0	62	57	54	56	52	49	61	53	47	56	48	43
2,25	64	59	56	58	54	51	63	55	49	58	50	45
2,5	65	60	57	60	65	52	65	56	50	59	51	46
3,0	67	63	60	62	58	55	67	59	53	61	53	48
3,5	69	65	62	63	59	57	69	61	55	63	55	50
4,0	70	66	64	64	61	58	70	63	56	65	56	51
5,0	72	69	66	65	62	60	72	65	58	66	58	53
Индекс	ШОД			ПВЛМ, ДОР, ЛДОР			ШЛП			ПВЛ-Г		
0,5	22	16	14	25	19	14	22	20	17	17	13	10
0,6	28	21	18	29	22	18	27	25	21	22	17	13
0,7	32	24	21	33	26	22	30	28	24	25	20	16
0,8	35	27	24	36	30	25	33	30	27	28	22	18
0,9	38	30	27	40	33	28	35	32	29	30	24	20
1,0	41	32	29	43	36	30	37	34	31	32	26	22
1,1	43	34	31	45	38	32	39	36	32	34	28	24
1,25	46	37	34	47	40	35	42	38	34	36	30	26
1,5	50	40	37	51	44	38	45	40	37	39	33	29
1,75	53	43	40	54	47	42	47	42	40	42	36	31
2,0	55	45	42	56	49	44	48	44	42	44	38	33
2,25	57	47	44	58	51	46	50	46	43	40	40	35
2,5	59	48	45	60	53	48	51	47	44	47	41	37
3,0	61	50	48	62	65	50	53	49	46	49	43	39
3,5	63	52	50	63	56	51	55	51	48	51	45	41
4,0	65	54	51	64	58	53	56	52	49	52	47	43
5,0	67	56	53	67	60	56	58	53	51	54	49	45

Таблица Б.4 – Характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Световой поток, лм					Длина лампы, мм	
	ЛБ	ЛТБ	ЛХБ	ЛД	ЛДЦ	со штырьками	без штырьков
15	760	700	675	590	500	452	437
20	1180	975	935	920	820	604	600
30	2100	1720	1720	1640	1450	909	895
40	3000	2580	2600	2340	2100	1214	1199
65	4550	3980	3820	3570	3050	1514	1500
80	5220	4440	4440	4070	3560	1514	1500

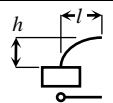
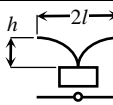
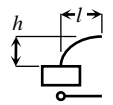
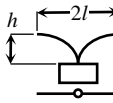
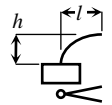
Таблица Б.5 – Значения коэффициента λ , учитывающего светотехническое и экономическое наивыгоднейшее расположение светильников

Тип светильника	Коэффициент λ
Светильники с люминесцентными лампами	
ЛДР, ЛДОР, ОДОР, ПВЛМ, ЛСПО 2(10–18), ЛСПО 6(7,15), ЛСОО2, УСП, ЛВП	1,4–1,6
ЛСП 13(001, 002), ПУ, ЛПО	1,6–1,8
ПУ-25	0,9–1,0
ЛСП 13(005–008)	0,6
Светильники с лампами ДРЛ, ДРИ, ДНаТ	
УП ДРЛ, СД2 ДРЛ, РСП 08/Д, РСП 05/Д, СД2 РТС	1,4–1,6
С34 ДРЛ, РСП 05/Г	0,9–1,0
РСП 05/К, ГСП 10/К	0,6

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

**Справочные данные для расчета систем искусственного
освещения точечным методом**

Таблица В.1 – Размеры кронштейнов для светильников на опорах

Тип кронштейна	Схема	Тип светильника	Масса, кг	Размеры, мм	
				l	h
МКП-11		Все типы подвесных светильников	18	700	840
МКП-21			22	700	840
МКК-12		РКУ	24	1000	850
МКК-22			30	1000	850
МКК-32			32	1000	850

Т а б л и ц а В.2 – Нормы освещенности открытых территорий, станционных путей и искусственных сооружений

Объекты	Освещенность, лк не менее	Плоскость, поверхность нормирования
1 Сортировочные и узловые участковые станции:		
1.1 сортировочные и вытяжные пути, а также транзитные парки	5	Поверхность земли
1.2 пути надвига состава на горку, тормозные позиции на подгорочных путях земли (вагонные замедлители, башмаконакладыватели и башмакобрасыватели) на расстоянии 250–300 м от первой разделительной стрелки, хвостовая горловина сортировочного парка, ремонтные пути	10	То же
1.3 участок расцепки	10	Вертикальная вдоль оси пути на уровне 1 м от поверхности земли и горизонтальная на поверхности земли
1.4 вершина и спусковая часть горки	10	Вертикальная вдоль оси пути на уровне 3 м от поверхности земли и горизонтальная на поверхности земли
2 Остальные участковые станции:		
2.1 пути и горловины приемо-отправочных и сортировочных парков, маневровые и вытяжные подъездные пути с большим объемом грузовой работы	5	Поверхность земли
2.2 пути транзитных парков	3	То же
2.3 горловины сортировочных парков (в местах работы составительских бригад, регулировщиков скоростей вагонов и дежурных стрелочных постов)	10	»
2.4 пути перегрузки из аварийных вагонов с опасными грузами земли	5	»
3 Пути и горловины опорных промежуточных станций, имеющих погрузочно-выгрузочные сооружения и устройства	2 <1>	»
4 Пути и горловины остальных промежуточных станций, стрелочные горловины разъездов и обгонных пунктов	1	»

Продолжение таблицы В.2

Объекты	Освещенность, лк не менее	Плоскость, поверхность нормирования
5 Пути пассажирских и технических станций: 5.1 специализированные ремонтные пути в пунктах формирования оборота и в пунктах технического обслуживания (ПТО)	5 10 <2>	Поверхность земли То же
6 Рабочее место осмотровика вагонов, принимающего пассажирские и грузовые вагоны сходу	5 50 <3>	Поверхность земли, вертикальная, на ходовых частях
7 Территории с телевизионным обзором	10 <14>	Поверхность земли
8 Пункты коммерческого осмотра вагонов: 8.1 пути коммерческого осмотра	5 50 <4>	Поверхность земли Вертикальная на пломбе
8.2 район смотровых вышек-постов	50	Вертикальная на уровне 2 м от поверхности земли и на расстоянии 1,9 м от оси пути
9 Пути отстоя моторвагонных секций, локомотивов, вагонов и прочего подвижного состава всех назначений, тупиковые пути для отстоя сторительных механизмов, дорожных машин, передвижных станций и др. (при отсутствии осмотра и ремонта)	2	Поверхность земли
10 Поворотные круги и треугольники, въезды в депо и цехи заводов	5	То же
11 Пути наружной обмывки тягового подвижного состава (ПТС)	10	»
12 Экипировочные устройства на открытых путях: 12.1 смотровые канавы	30 <2>	Поверхность пола канавы и на экипажных ходовых частях
12.2 междупутье	20	Поверхность земли
12.3 площадки для экипировки электровозов и осмотра токоприемников, крышевого оборудования и др.	50	Поверхность настила площадки и на крышном оборудовании
12.4 площадки для экипировки тепловозов, обслуживания и осмотра пескораздаточных бункеров	10	Поверхность настила площадки
12.5 служебные лестницы и сходы	3	На ступенях

12.6 склады и базы нефтепродуктов, резервуарные парки	10 <5>	Поверхность земли
12.7 сливно-наливные эстакады	20	Поверхность настила эстакады и горловины цистерны
13 Машинное помещение пункта реостатных испытаний тепловозов	50 <2>	Вертикальная на измерительных приборах
14 Грузовые механизированные двory и другие места транспортной переработки грузов:		
14.1 приемоотправочные пути и горловины крупных грузовых станций	5	Поверхность земли
14.2 погрузочно-разгрузочные эстакады	20	Горизонтальная на уровне настила эстакады
14.3 открытые склады тяжеловесных грузов, контейнеров, лесоматериалов и др.	10	Поверхность земли
14.4 зона работы крана	20 <6>	Горизонтальная на высоте груза
14.5 грузовые платформы и ramпы грузовых складов	20	Поверхность платформы пола, склада
14.6 поверхность внутри вагонов, находящихся под перегрузкой и очисткой с большим объемом работ	10	Поверхность пола вагона
14.7 склады сыпучих и навалочных грузов	10	Поверхность земли
14.8 зона работы экскаваторов	5	Горизонтальная на поверхности земли (грунта); вертикальная по высоте выгрузки (со стороны машиниста)
14.9 весовые пути	10	Вертикальная против весовой будки вдоль оси пути на уровне 1–3 м от поверхности земли
14.10 пункты перелива горючих и смазочных материалов и масел	20 <5>	Горизонтальная на уровне сливного и наливного устройств
14.11 автопроезды и проходы в местах погрузочно-разгрузочных работ	5	Поверхность земли

Продолжение таблицы В.2

58

Объекты	Освещенность, лк не менее	Плоскость, поверхность нормирования
14.12 места механизированного рыхления и выгрузки смерзшихся грузов	10	Горизонтальная на уровне 2 м от поверхности земли
14.13 остальная территория грузовых дворов	1	Поверхность земли
15 Платформы для погрузки и выгрузки живности	10	Поверхность настила платформы
16 Пункты водопоя живности:		
16.1 междупутья, оборудованные наземными колонками	10	Поверхность пути
16.2 главные и отстойные пути на территории пункта водопоя	2	Поверхность земли
17 Пункты технического обслуживания для подготовки грузовых вагонов к перевозкам (ПТО):		
17.1 ПТО для подготовки полувагонов и платформ:		
17.1.1 пути приема и осмотра вагонов	10 <2>	Поверхность земли
17.1.2 позиция очистки полувагонов от остатков перевозимых грузов	10	То же
17.1.3 пути технического обслуживания вагонов в объеме технического обслуживания без отцепки вагонов	10 <2>	»
17.1.4 пути текущего отцепочного ремонта в объеме ТР-1	20 <2>	»
17.1.5 специализированные пути для текущего отцепочного ремонта в объеме ТР-2, оборудованные комплексом вагоноремонтных машин типа «ДОНБАСС» и др.	20	Поверхность пола платформы
В местах сварочных работ	50 <7>	Обрабатываемая поверхность
17.1.6 участок механизированной разборки исключенных из инвентаря вагонов	10	Поверхность земли
17.1.7 пути отстоя полувагонов и платформ	2	То же
17.1.8 тупики для смены колесных пар	10	»
17.1.9 колесный парк	2 <4>	»

17.1.10 в зоне работы крана	20 <6>	»
17.2 ПТО для подготовки крытых грузовых вагонов к перевозкам		
17.2.1 позиции наружной обмывки, грубой очистки и сушки вагонов	10	Поверхность земли или настила эстакады
17.2.2 позиции сухой очистки, внутренней промывки и домывки вагонов	20	Поверхность настила эстакады
17.2.3 позиции накопления вагонов для постановки вагонов в ремонт	2	Поверхность земли
17.2.4 пути безотцепочного ремонта вагонов	10 <2>	Поверхность земли или настила эстакады
17.2.5 пути текущего отцепочного ремонта в объеме ТР-2	30	Обрабатываемая поверхность
в местах сварочных работ	50 <7>	То же
17.3 промывочно-пропарочные станции и пункты налива нефтепродуктов:		
17.3.1 сливно-наливные эстакады	20 <5>	Поверхность настила эстакады и люка цистерны
17.3.2 пульты механизмов	50	На приборах
17.3.3 нефтеловушки для сливных стоков, отстойные пруды	2 <5>	На уровне поверхности
18 Дезпромпункты и дезпромстанции:		
18.1 обмывочные площадки вагонов и подвижного состава	20	Поверхность площадки, платформы
18.2 пульты механизмов	50	На приборах
18.3 платформы дезпромстанций	20	Поверхность настила эстакады и люка цистерны
18.4 площадки биотермического обезвреживания навоза и других отходов, площадки иловые и выгрузки и хранения навоза	2	Поверхность площадки
19 Пункты технического обслуживания автономных рефрижераторных вагонов (АРВ) и пункты экипировки рефрижераторного подвижного состава:		

Продолжение таблицы В.2

Объекты	Освещенность, лк не менее	Плоскость, поверхность нормирования
19.1 эстакады основных и укрупненных ПТО АРВ для технического обслуживания и ремонта вагонов	30	Поверхность настила эстакады
19.2 эстакады контрольных ПТО АРВ для технического обслуживания вагонов	10 <2>	То же
19.3 специализированные пути для технического обслуживания и ремонта АРВ	10	Поверхность земли или настила эстакады
20 Территории грузовых и рефрижераторных вагонных депо:		
20.1 ремонтный путь цеха текущего ремонта в местах сварочных работ	30 <2>	Поверхность земли
20.2 эстакады для промывки вагонов	50 <7>	Обрабатываемая поверхность
20.3 площадки для пропарки топливных баков	20	Поверхность настила эстакады
20.3 площадки для пропарки топливных баков	10	Поверхность земли
20.4 пункты экипировки и дезэкипировки вагонов	10	Поверхность земли или настила эстакады
20.5 хранилища горюче-смазочных материалов, пункты экипировки маслом	10	Поверхность земли
20.6 площадки для разделки вагонов на металлолом	20	Вертикальная по высоте боковой стенки вагонов и горизонтальная на поверхности земли
21 Железнодорожные тоннели	1 <8>	На уровне головки рельса
22 Большие железнодорожные мосты и путепроводы	1	То же
23 Военские платформы и площадки	5	Поверхность платформы или площадки
24 Пассажи́рские платформы внеклассных станций (более 2 млн чел. в год) и остановочных пунктов с телевизионным обзором	10	Поверхность платформы
25 Пассажи́рские платформы станций с интенсивным размером пассажиропотока (0,7–2 млн чел в год)	5	То же

26 Пассажирские платформы станций со средним размером пассажиропотока (100–700 тыс. чел. в год)	30 <9>	»
27 Пассажирские платформы станций с малым размером пассажиропотока (до 100 тыс. чел. в год)	2 <9>	»
28 Пешеходные мосты с лестницами, настилы для переходов	3	Поверхность настила, ступени
29 Переезды <10>:		
I категории	5	Поверхность полотна
II категории	3	То же
III категории	2	»
IV категории	1	»
30 Склады древесины, готовой продукции	5	Поверхность земли
31 Площадки базы ПМС	5	То же
32 Зоны работы звеносборочной машины	30	»
33 Зоны расположения башен-хранилищ и расходной башни	10	»
34 Главные открытые проходы, проезды, дороги на территориях депо, заводов, материальных складов, промывочно-пропарочных станций, дезпромстанций, карьеров и других аналогичных объектов	2	Поверхность полотна переезда дорог
35 Открытая часть тяговой подстанции:		
35.1 ножи разъединителей, указатели положения выключателей, реле газовой защиты и маслоуказатели силовых трансформаторов, трансформаторов тока и напряжения, выключатели, приводы разъединителей и выключателей	30 <4>	Вертикальная плоскость рабочей поверхности
35.2 выводы трансформаторов и выключателей, разрядники, ограничители перенапряжения, кабельные муфты, шинный мост	20	То же
35.3 краны для взятия пробы масла трансформатора, лестницы для подъема на трансформатор	5 <4>	Поверхность земли
35.4 проходы между оборудованием	5	То же
35.5 остальная территория тяговой подстанции	1	»

Окончание таблицы В.2

Объекты	Освещенность, лк не менее	Плоскость, поверхность нормирования
36 Охранное освещение границ заводских и складских территорий, охраняемых зон тоннелей и мостов, подходов к тоннелям, мостам и другим охраняемым искусственным сооружениям	0,5	Поверхность земли
37 Пешеходные тоннели:		
– днем	100 <11>	Поверхность пола
– вечером и ночью	50 <11>	То же
38 Лестницы пешеходных тоннелей вечером и ночью	20 <11>	Площадки, ступени
39 Железнодорожные пункты пропуска:		
39.1 междупутья в зоне досмотра	10	Поверхность земли
39.2 пассажирские платформы	10 <12>	То же
39.3 ограждение по периметру пункта	5 <13>	»
<p><i>Примечания</i></p> <p><1> Допускается снижение освещенности до 1 лк (кроме горловин и стрелок) по согласованию с Управлением железной дороги в период отсутствия работы на отдельных участках железнодорожных станций и других производственных объектах.</p> <p><2> Требуется дополнительное переносное освещение при напряжении 12 В.</p> <p><3> Норма освещенности должна обеспечиваться установкой дополнительного прожектора.</p> <p><4> Норма освещенности должна быть обеспечена переносными светильниками с питанием от независимого (автономного) источника.</p> <p><5> Тип светильника принимается в соответствии с требованиями 7.3.76, 7.4.32–7.4.35 «Правил устройства электроустановок».</p> <p><6> Норма освещенности подкрановых зон должна быть обеспечена светильниками, установленными на кранах.</p> <p><7> Норма освещенности должна быть обеспечена переносными светильниками.</p> <p><8> Требуется предусматривать аварийное (эвакуационное) освещение. Эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность на уровне головки рельса не менее 0,2 лк.</p> <p><9> Допускается предусматривать дежурное освещение, включаемое вместо рабочего освещения в период прекращения движения пригородных поездов в ночное время.</p> <p><10> Категории переездов определены в соответствии с "Инструкцией по эксплуатации переездов на железной дороге Республики Беларусь" РБ П 4866.</p> <p><11> Нормируется средняя горизонтальная освещенность.</p> <p><12> На момент оформления поездов освещенность должна быть увеличена до 50 лк.</p> <p><13> При срабатывании периметровой сигнализации освещенность должна быть увеличена до 10 лк.</p> <p><14> Приведенная норма является усредненной. Обеспечиваемый уровень освещенности должен быть согласован с техническими характеристиками применяемой аппаратуры видеонаблюдения.</p> <p><15> При отклонении напряжения питания от номинального в момент проведения измерений производится перерасчет измеренной освещенности.</p>		

Таблица В.3 – Основные параметры ламп ДРЛ, используемых в наружном освещении городов и поселков

Тип лампы	Рабочее напряжение на лампе, В	Ток лампы, А		Световой поток, клм	«Красное» отношение, %	Средняя продолжительность горения, тыс.ч	Минимальная температура зажигания, °С	Размеры лампы, мм, не более	
		рабочий	пусковой, не более					диаметр	длина
ДРЛ80(6)	115±15	0,8	1,68	3,2	6	10	-25	81	165
ДРЛ80(10)				3,4	10				
ДРЛ125(6)				5,4	6				
ДРЛ125(10)	125±15	1,15	2,6	6,0	10	10	-25	81	184
ДРЛ125 ХЛ1				5,48	6	8	-60		
ДРЛ250(6)				12,0	6				
ДРЛ250(10)	130±15	2,15	4,5	13,0	10	12	-25	91	227
ДРЛ250 ХЛ1				11,5	6	8	-60		
ДРЛ400(6)				23,0	6				
ДРЛ400(10)	135±15	3,25	7,15	23,0	10	15	-25	122	292
ДРЛ400 ХЛ1				20,0	6	8	-60		
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Первое двух- или трехзначное число после буквенного обозначения типа лампы указывает ее номинальную мощность, Вт.</p> <p>2 Световые и электрические параметры ламп соответствуют номинальному напряжению питания 220 В.</p> <p>3 Минимальная температура надежного зажигания ламп соответствует напряжению питания 205 В при использовании дроссельной схемы включения без каких-либо дополнительных зажигающих устройств.</p> <p>4 Для ламп ДРЛ80 и ДРЛ125 тип цоколя Е27/30, для ламп ДРЛ250 ДРЛ400 – Е40/45.</p>									

Таблица В.4 – Основные параметры ламп типа ДРИ (дуговая, ртутная, с излучающими добавками), общего назначения

Тип лампы	Рабочее напряжение на лампе, В	Ток лампы, А		Световой поток, клм	Средняя продолжительность горения, тыс. ч	Тип цоколя	Размеры лампы, мм, не более	
		рабочий	пусковой, не более				диаметр	длина
ДРИ250-5	130±13	2,15	3,6	19	10	Е40/45	91	227
ДРИ250-6					3		60	
ДРИ400-5	130±13	3,3	5,6	36	10	Е40/45	122	290
ДРИ400-6				33			3	
ДРИ700-5	130±13	6,0	10,2	60	9	Е40/45	152	370
ДРИ700-6				56		3	Е40/65×50	
ДРИ1000-5	230±23	4,7	8,0	103	9	Е40/45	176	390
ДРИ1000-6					3	Е40/65×50	80	
ДРИ2000-6	230±23	9,2	15,5	200	2	Е40/65×50	100	430
ДРИ3500-6		16,0	28,0	350				

Примечания

- 1 Первое трех- или четырехзначное число после буквенного обозначения типа лампы указывает ее номинальную мощность, Вт.
- 2 Лампы мощностью 250–700 Вт рассчитаны на работу в сетях с номинальным напряжением 380 В.
- 3 Световой поток и рабочий ток ламп соответствуют номинальному напряжению сети, пусковой ток ламп – повышенному на 10 % номинальному напряжению сети.
- 4 Цветовая температура ламп 4200 (+400 или – 600) К.
- 5 Лампы с индексом 5 рассчитаны на работу в любом положении, с индексом 6 – в горизонтальном положении, допустимое отклонение не более 60° (кроме ламп ДРИ2000, работающих в любом положении).

Таблица В.5 – Основные параметры ламп типа ДНаТ (натриевая лампа высокого давления), общего назначения

Тип лампы	Рабочее напряжение на лампе, В	Ток лампы, А		Световой поток, (после 100 ч), клм	Средняя продолжительность горения, тыс. ч	Размеры лампы, мм, не более	
		рабочий ($U_c = 220$ В)	пусковой, ($U_c = 242$ В), не более			диаметр	длина
ДНаТ70	90±15	1,0	1,6	5,8	6	45	165
ДНаТ100	100±15	1,2	2,0	9,5	6	45	165
ДНаТ150	100±15	1,8	2,9	14,5	6	48	220
ДНаТ210	125±15	2,13	4,5	18	10	91	227
ДНаТ250-4	100±20	3,1	4,5	23	10	58	248
ДНаТ250-5	100±20	3,1	4,5	26	15	58	248
ДНаТ360	130±15	3,25	7,15	35	15	122	292
ДНаТ400-4	100 ⁺¹⁵ ₋₁₀	4,6	7,15	47	15	58	248
ДНаТ400-5	100 ⁺¹⁵ ₋₁₀	4,6	7,15	50	20	58	248

Примечания

- 1 Первое двух- или трехзначное число после буквенного обозначения типа лампы указывает ее номинальную мощность, Вт.
- 2 Световые и электрические параметры ламп соответствуют номинальному напряжению питания 220 В.
- 3 Лампы мощностью 70 и 100 Вт, тип цоколя Е27/27; у ламп мощностью 150 Вт и выше – Е40/45.

Таблица В.6 – Основные параметры светодиодных ламп для промышленного освещения серия СПО

Светильник	СПО-12	СПО-18	СПО-36	СПО-70
Световой поток, лм	1400	2000	4000	7500
Потребляемая мощность, Вт	15	20	40	75
Габариты, мм	180×140×55	230×140×55	430×140×55	830×140×55
Масса, кг	0,7	0,9	1,8	3,6

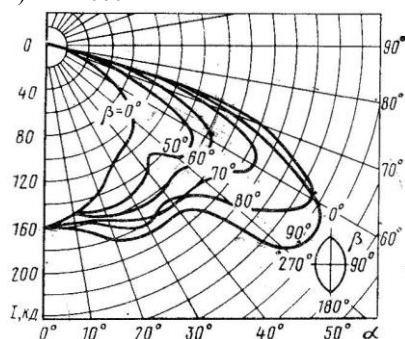
Примечания

- 1 Напряжение питания/частота – 170–264 В / 50–60 Гц.
- 2 Цветовая температура – 4000 – 5000 К.
- 3 Рабочая температура – от –20 до +45°С (УХЛ 3).
- 4 Степень защиты – IP 40.
- 5 Коэффициент мощности – > 0,95.
- 6 Класс защиты от поражения электрическим током – I.
- 7 Класс энергетической эффективности – А.
- 8 Класс светораспределения – II.
- 9 Кривая силы света – Д.

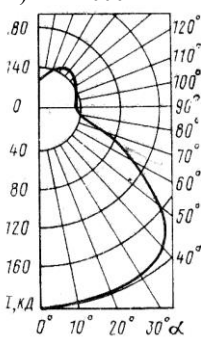
Т а б л и ц а В.7 – Основные параметры светодиодных ламп для промышленного освещения серия ПСС

Светильник	ПСС-12	ПСС-30	ПСС-80	ПСС-80 (с дополнительной оптикой)
Световой поток, лм	1000	2600	8500	10200
Потребляемая мощность, Вт	15	28	80	80
Габариты, мм: без крепления	Ø150×90	Ø150×90	Ø150×450	Ø150×450
с креплением	222×150×138	222×150×138		
Масса, кг: без крепления	1	1	4,8	4,8
с креплением	1,2	1,2		
Тип КСС	Д	Д	Д	К
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Напряжение питания/частота – 170–264 В / 50–60 Гц. 2 Цветовая температура – 4500–5500 К. 3 Рабочая температура – от –60 до +45°С (УХЛ 1). 4 Степень защиты – IP 65. 5 Коэффициент мощности – > 0,95. 6 Класс защиты от поражения электрическим током – I. 7 Класс энергетической эффективности – А. 8 Класс светораспределения – П.</p>				

а) $\Phi = 1000$ лм



б) $\Phi = 1000$ лм



в) $\Phi = 1000$ лм

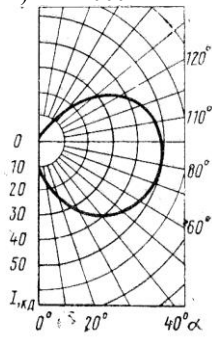


Рисунок В.1 – Кривые силы света светильников наружного освещения:
 а – РКУ01-250-007; б – СПОР-250; в – РТУ02-250-008.

Таблица В.8 – Основные параметры уличных светодиодных светильников, серия УСС

Светильник	УСС-9	УСС-12	УСС-18	УСС-24	УСС-36	УСС-48	УСС-70	УСС-150
Световой поток, лм	1100	1300	2200	2500	3800	5500	7500	15000
Потребляемая мощность, Вт	11	13	22	28	38	55	75	150
Масса светильника с креплением, кг:								
– консольное	2,7	2,7	3	3	4,7	8,1	8,1	15,2
– потолочное	1,8	1,58	2,3	2,3	3,7	7	7	14,5
– скоба	1,8	1,8	2,3	2,3	4,6	8,4	8,4	
Габариты светильника с креплением, мм:								
– консольное	170×174×152		220×174×152		420×174×152			
– потолочное	170×205×87		220×205×87		420×205×87	820×205×87		
– скоба	218×214×98		268×214×98		468×214×98	868×214×98		
<i>Примечания</i>								
1 Напряжение питания/частота – 170–264 В / 50–60 Гц.								
2 Цветовая температура – 4500–5000 К.								
3 Рабочая температура – от –60 до +45°С (УХЛ 1).								
4 Степень защиты – IP 67.								
5 Коэффициент мощности – > 0,95.								
6 Класс защиты от поражения электрическим током – I.								
7 Класс энергетической эффективности – А.								
8 Класс светораспределения – II.								
9 Кривая силы света – III.								

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Справочник проектировщика. Внутренние сантехнические устройства : в 2 ч. / под ред. И. Г. Старовойтова. – М. : Стройиздат, 1978. – Ч. 2 : Вентиляция и кондиционирование воздуха. – 502 с.
- 2 **Дроздов, В. Ф.** Отопление и вентиляция : в 2 ч. / В. Ф. Дроздов. – М. : Высш. шк., 1984. – Ч. 2 : Вентиляция. – 263 с.
- 3 **Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Вентиляция и кондиционирование воздуха** / Р. В. Щекин [и др.]. – Киев, 1968. – 288 с.
- 4 **СНБ 4.02.01–03.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М. : Стройиздат, 1991. – 124 с.
- 5 Инженерные решения по охране труда в строительстве / под ред. Г. Г. Орлова. – М. : Стройиздат, 1985. – 278 с.
- 6 **ТКП 45-2.04-153–2009 (02250).** Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2010. – 102 с.
- 7 **Кнорринг, Г. М.** Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. – Л. : Энергоиздат., Ленингр. отд-ние, 1981. – 288 с., ил.
- 8 **Шатило, С. Н.** Исследование освещенности на рабочих местах : учеб.-метод. пособие / С. Н. Шатило, С. В. Дорошко, В. В. Карпенко ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 52 с.
- 9 **Дегтярев, В. О.** Осветительные установки железнодорожных территорий / В. О. Дегтярев, О. Г. Корягин, Н. Н. Фирсанов. – М. : Транспорт, 1987. – 223 с.
- 10 Искусственное освещение наружных территорий и объектов железнодорожного транспорта. РД РБ 09150.47.005–2004. – Минск, 2004. – 45 с.
- 11 **Калинушкин, М. П.** Насосы и вентиляторы / М. П. Калинушкин. – М. : Высш. шк., 1987. – 176 с.
- 12 Вентиляторы : Каталог- справочник – М. : ЦНИИТЭстроймаш, 1980. – 165 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ВОЗДУШНАЯ СРЕДА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ	4
Задача № 1	16
Задача № 2	20
Задача № 3	22
Задача № 4	25
2 ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ	32
Задача № 5	39
Задача № 6	45
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ А</i> Справочные данные для расчета воздушно-тепловой завесы ..	49
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</i> Справочные данные для расчета систем искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока	50
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ В</i> Справочные данные для расчета систем искусственного освещения точечным методом	54
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	68

Учебное издание

ШАТИЛО Сергей Николаевич
ДОРОШКО Сергей Владимирович
ИВЛЕВА Татьяна Викторовна

Инженерные решения по охране труда

Практикум

Часть 1

Редактор Н. Г. Шеметкова
Технический редактор В. Н. Кучерова
Корректор Т. А. Пугач
Компьютерный набор и верстка Т. В. Ивлева

Подписано в печать 27.06.2016 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,66. Тираж 200 экз.
Зак. № Изд. № 69

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1 / 361 от 13.06.2014.
№ 2 / 104 от 01.04.2014.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель